

## บทที่ 4

### การทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในการทดลองก่อนและหลังการการปรับปรุงโดยใช้วิธีในการทดสอบต่างๆดังนี้

#### 4.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ผลการเกิดฮาร์มอนิกจากเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้คอนเวอร์เตอร์ ความถี่สูงเป็นเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม การออกแบบ คีซี โฉคเพื่อติดตั้งในบัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของตัวเรียงกระแส 3 เฟส ซึ่งเป็นส่วนประกอบส่วนแรกของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ขั้นตอนการศึกษา ตรวจสอบวัดหารูปแบบของแรงดันฮาร์มอนิกและกระแสฮาร์มอนิก วัดค่าความเพี้ยนรวม (Total Harmonic Distortion:THD) ของตัวอย่างเครื่องเชื่อมไฟฟ้าในผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ออกแบบและปรับปรุงในภาควงจรเรียงกระแส 3 เฟส โดยออกแบบติดตั้งคีซี โฉค เพื่อปรับค่ารูปคลื่นของกระแสอินพุท ทดสอบทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง

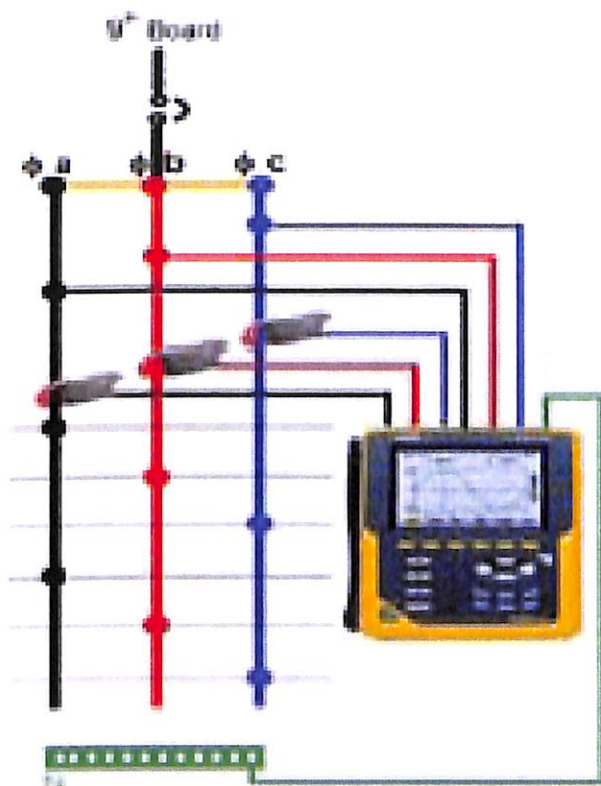
2. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ผลการเกิดฮาร์มอนิกจากเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้คอนเวอร์เตอร์ ความถี่สูง โดยใช้เทคนิคการออกแบบและติดตั้งวงจร Valley Fill เพื่อติดตั้งในบัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของตัวเรียงกระแส 3 เฟส ซึ่งเป็นส่วนประกอบส่วนแรกของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ขั้นตอนการศึกษา ตรวจสอบวัดหารูปแบบของแรงดันฮาร์มอนิกและกระแสฮาร์มอนิก วัดค่าความเพี้ยนรวม (Total Harmonic Distortion:THD) เพื่อออกแบบและปรับปรุงในภาควงจรเรียงกระแส 3 เฟส โดยออกแบบติดตั้งวงจร Valley Fill เพื่อปรับค่ารูปคลื่นของกระแสอินพุท ทดสอบทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง

3. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ผลการเกิดฮาร์มอนิกจากเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้คอนเวอร์เตอร์ ความถี่สูง โดยใช้เทคนิคการออกแบบวงจร Chopper เพื่อติดตั้งในบัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของตัวเรียงกระแส 3 เฟส ขั้นตอนการศึกษา ตรวจสอบวัดหารูปแบบของแรงดันฮาร์มอนิกและกระแสฮาร์มอนิก วัดค่าความเพี้ยนรวม (Total Harmonic Distortion:THD) ของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่สร้างขึ้น เพื่อออกแบบและปรับปรุงในภาควงจรเรียงกระแส 3 เฟส โดยออกแบบติดตั้งวงจร Chopper เพื่อปรับค่ารูปคลื่นของกระแสอินพุท ทดสอบทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง

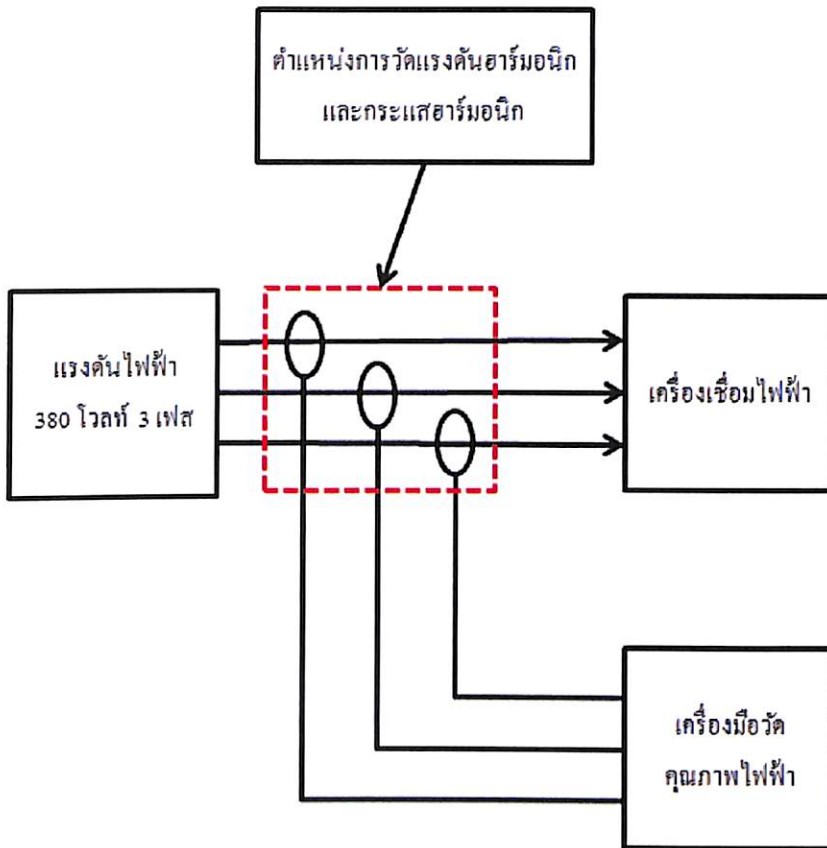
## 4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- |  |           |
|--|-----------|
| 1. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า                                    | 2 เครื่อง |
| ขนาด 15 กิโลวัตต์แอมป์ กระแสอินพุท 10 แอมป์              |           |
| 2. เครื่องมือวัดคุณภาพไฟฟ้า ยี่ห้อ Chauvin Arnoux CA8334 | 1 เครื่อง |

การวัดค่าแรงดันและกระแสอินพุทจากแหล่งจ่ายจะทำการติดตั้งเครื่องวัดฮาร์โมนิกด้วยเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้ายี่ห้อ Chauvin Arnoux CA8334: EN 50160, IEC 61000-4-15 วัดในโหมดการวัดค่าชั่วขณะและแสดงผลที่หน้าจอเครื่องวัด โดยวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าสลับ 3 เฟสที่จ่ายให้เครื่องเชื่อมไฟฟ้าง่ายแสดงในรูปแบบที่ 4.1 ก.



ก. เครื่องมือวัดคุณภาพไฟฟ้า



ข. ตำแหน่งการวัดแรงดันฮาร์มอนิกและกระแสฮาร์มอนิก

รูปที่ 4.1 เครื่องมือวัดคุณภาพไฟฟ้าและตำแหน่งการวัดแรงดันฮาร์มอนิกและกระแสฮาร์มอนิก

จากรูปที่ 4.1 ข. แสดงตำแหน่งการวัดค่าแรงดันฮาร์มอนิกและกระแสฮาร์มอนิกทางด้านอินพุทของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเพื่อหาปริมาณฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นในระบบ

### 4.3 ขั้นตอนการทดลอง

- ทำการวัดหากระแสฮาร์มอนิกจากตัวอย่างของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า 2 ตัวอย่าง คือ
  - ตัวอย่างที่ 1 เครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมทั่วไป
  - ตัวอย่างที่ 2 เครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่สร้างขึ้นในการทำวิทยานิพนธ์ โดยมีวงจรเหมือนกับตัวอย่างที่ 1
- นำค่าฮาร์มอนิกที่วัดได้จาก 2 ตัวอย่าง มาทำการวิเคราะห์

3. นำตัวอย่างที่ 2 มาทำการปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้าโดยใช้เทคนิคต่างๆ ดังนี้
  - การติดตั้ง คีซี โช๊ค ที่บัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง
  - การติดตั้งโดยใช้วงจร Valley Fill ที่บัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง
  - การติดตั้งโดยใช้วงจร Chopper ที่บัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง
4. ทำการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

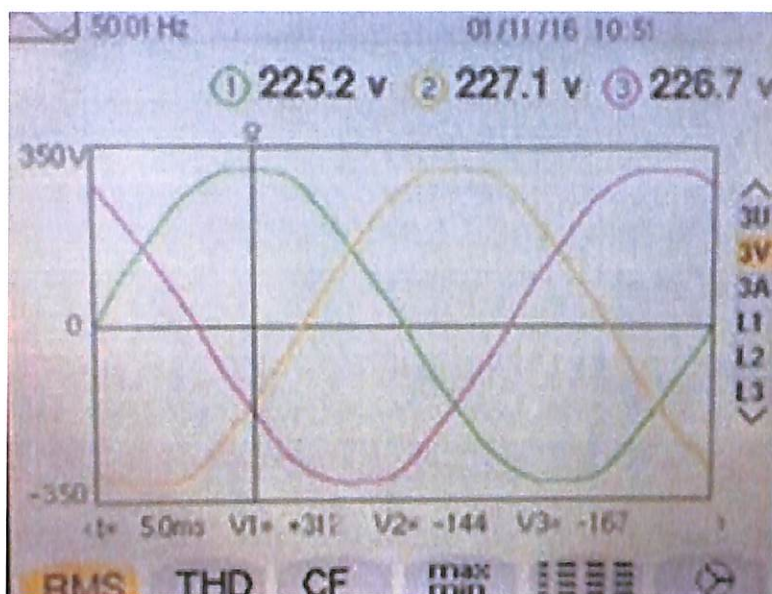
#### 4.4 การวัดกระแสฮาร์มอนิกจากตัวอย่างเครื่องเชื่อมไฟฟ้า 2 ตัวอย่าง

##### ตัวอย่างที่ 1 เครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมทั่วไป

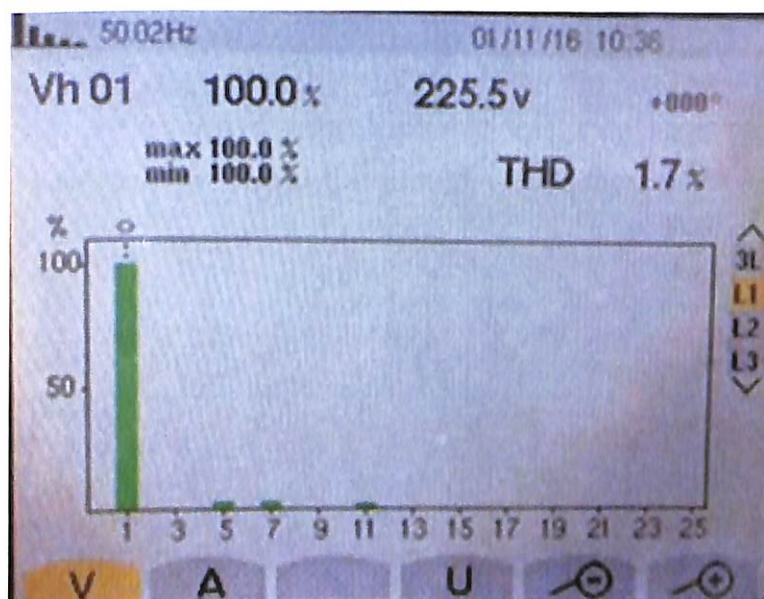
จากตัวอย่างเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมทั่วไปในรูปที่ 4.2 ก. ที่ใช้แรงดันไฟฟ้าทางด้านอินพุต 380 โวลต์ 50 เฮิร์ต 3 เฟส โดยได้ทำการวัดค่าแรงดันและกระแสฮาร์มอนิกทางด้านอินพุตของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ดังนี้



ก. รูปตัวอย่างเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมทั่วไป



ข. รูปคลื่นแรงดันระหว่างสายของระบบไฟฟ้าอินพุท

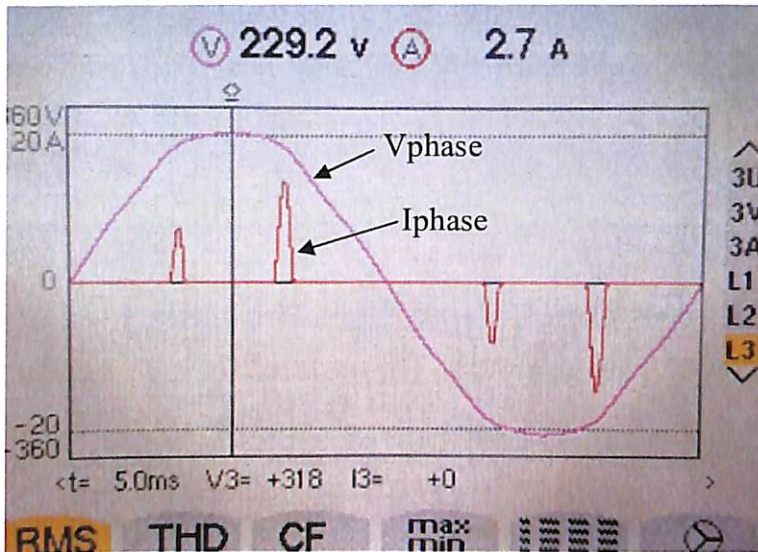


ค. สเปกตรัมของแรงดันระหว่างสาย

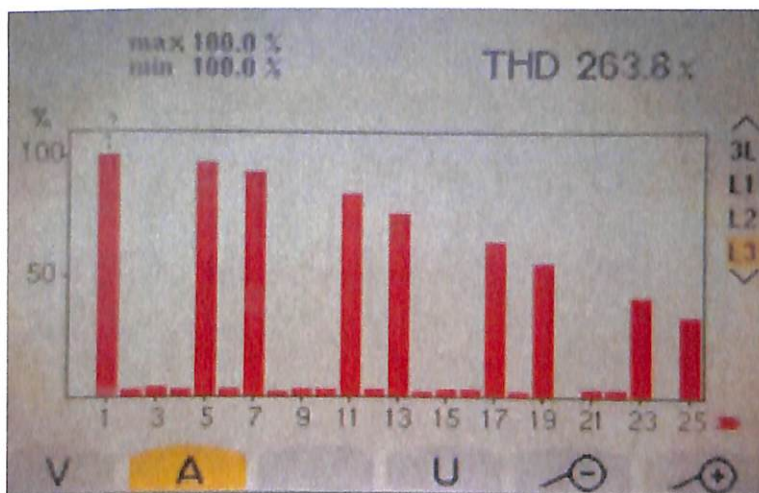
รูปที่ 4.2 แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสที่จ่ายเข้าและสเปกตรัมของแรงดันไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.2 ข. เป็นรูปคลื่นแรงดันอินพุท 380 โวลท์ 3 เฟส ที่จ่ายให้กับระบบ โดยรูปคลื่นมีความสมมาตรกันทั้ง 3 เฟส ส่วนรูปที่ 4.2 ค. เป็นสเปกตรัมของแรงดันระหว่างสาย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าแรงดันความผิดเพี้ยนรวม  $THD_V$  มีค่าเท่ากับ 1.7 เปอร์เซ็นต์และน้อยกว่าค่ามาตรฐาน IEEE519-1992 ที่ระบุไว้ว่าค่าแรงดันความผิดเพี้ยนรวม  $THD_V$  ในระบบจะต้องไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์

ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่มีผลกระทบกับแรงดันไฟฟ้า เนื่องจากเป็นระบบ Distribution ผลของฮาร์มอนิกมักจะเกิดที่ค่ากระแสไหลด ดังนั้นค่ารูปคลื่นที่แสดงให้เห็นในรูปที่ 4.3 ก. เป็นรูปคลื่นของกระแสอินพุทหรือกระแสที่สายของระบบ 3 เฟส ที่จ่ายเข้ามีรีปเปิ้ล



ก. รูปคลื่นกระแสอินพุทที่สายของระบบไฟฟ้า



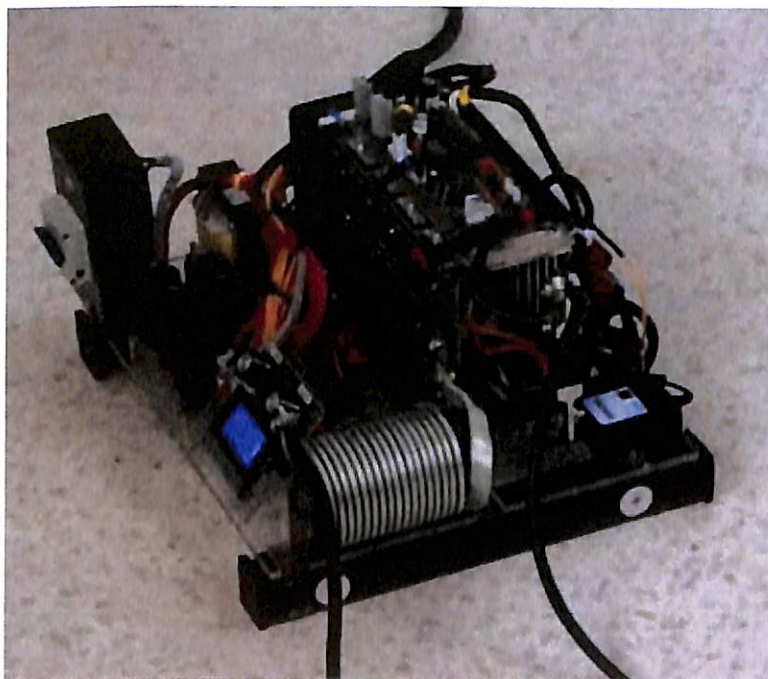
ข. สเปกตรัมของกระแสในสาย

รูปที่ 4.3 รูปคลื่นกระแสอินพุทในสายที่จ่ายเข้าและสเปกตรัมของกระแสไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมทั่วไป

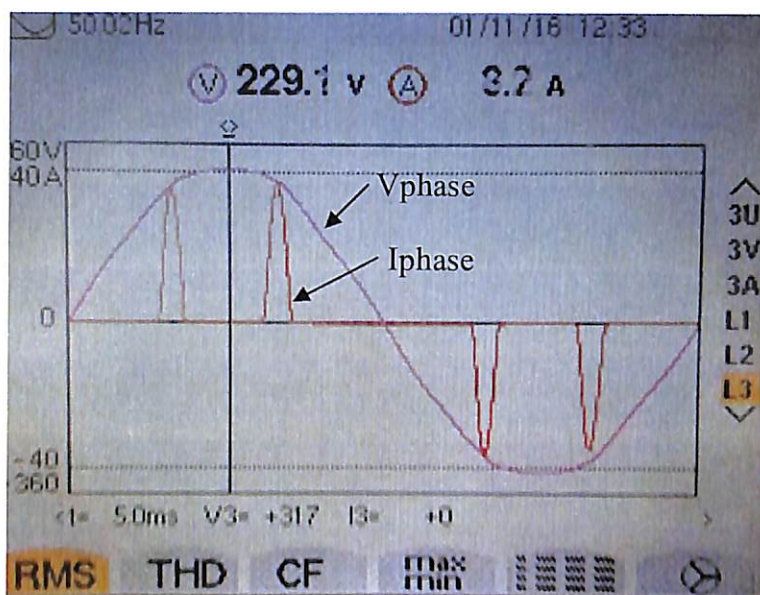
ซึ่งเป็นผลของช่วงเวลาการเก็บประจุและคายประจุที่บัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของคอนเวอร์เตอร์ที่เครื่องเชื่อมทำให้เกิดรีปเปิ้ลของกระแสที่มีลักษณะแหลมจะเกิดกระแสฮาร์มอนิกสูงในฮาร์มอนิกลำดับที่ 5,7,11,13,17 และ 19 เป็นต้นว่ามีกระแสฮาร์มอนิกที่สูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์จากการแสดงค่าของเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าจะมีค่าความผิดเพี้ยนรวมของกระแสฮาร์มอนิก หรือ THD<sub>i</sub> ถึง 263.8 เปอร์เซ็นต์เป็นฮาร์มอนิกลำดับที่ดังรูปที่ 4.3 ข. ที่น่าสังเกตอีกอย่าง คือ ทริปเปิดฮาร์มอนิก (3,9,15) มีค่าน้อยมากเป็นเพราะไม่ได้ต่อสายนิวตรอนเข้าระบบ

#### ตัวอย่างที่ 2 เครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่สร้างขึ้นในการทำวิทยานิพนธ์

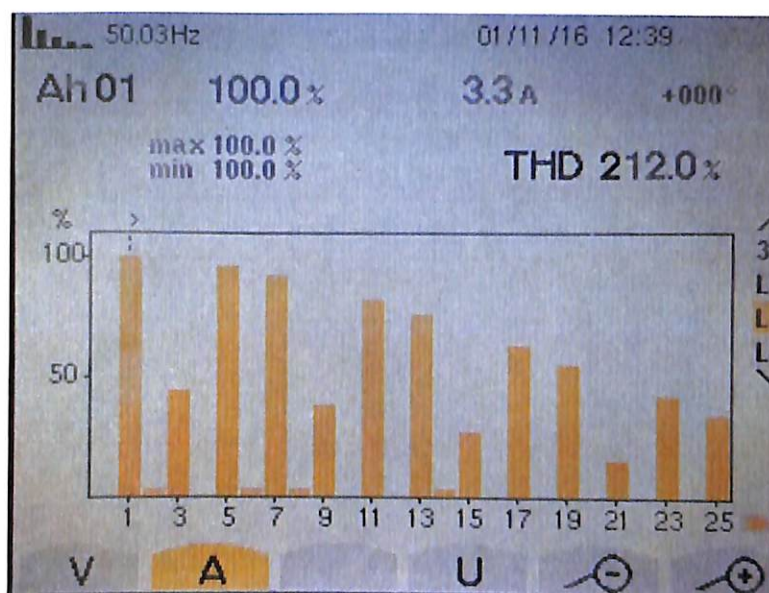
จากรูปที่ 4.4 ก. เป็นรูปเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่สร้างขึ้นมามีอีกตัวหนึ่งที่มีวงจรเหมือนกันกับเครื่องเชื่อมตัวอย่างที่ 1 เพื่อมาทำการวัดเปรียบเทียบฮาร์มอนิกโดยได้ทำการวัดค่ากระแสฮาร์มอนิกทางด้านอินพุทของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่สร้างขึ้นดังนี้ คือ



ก. เครื่องเชื่อมที่ได้สร้างขึ้นในการทำวิทยานิพนธ์



ข. รูปคลื่นกระแสอินพุตที่สายของระบบไฟฟ้า



ค. สเปกตรัมของกระแสในสาย

รูปที่ 4.4 รูปคลื่นกระแสอินพุตในสายที่จ่ายเข้าและสเปกตรัมของกระแสไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่สร้างขึ้น

จากรูปที่ 4.4 ข. แสดงให้เห็นถึงรูปคลื่นของกระแสขณะที่ทำการเชื่อม ซึ่งเป็นผลมาจากช่วงเวลาของการเก็บประจุและคายประจุที่บัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่นานขึ้นของตัวคาปาซิเตอร์ทำให้เกิดริบเป็ลของกระแสที่มีความสมมาตรทั้งซีกบวกและซีกลบ



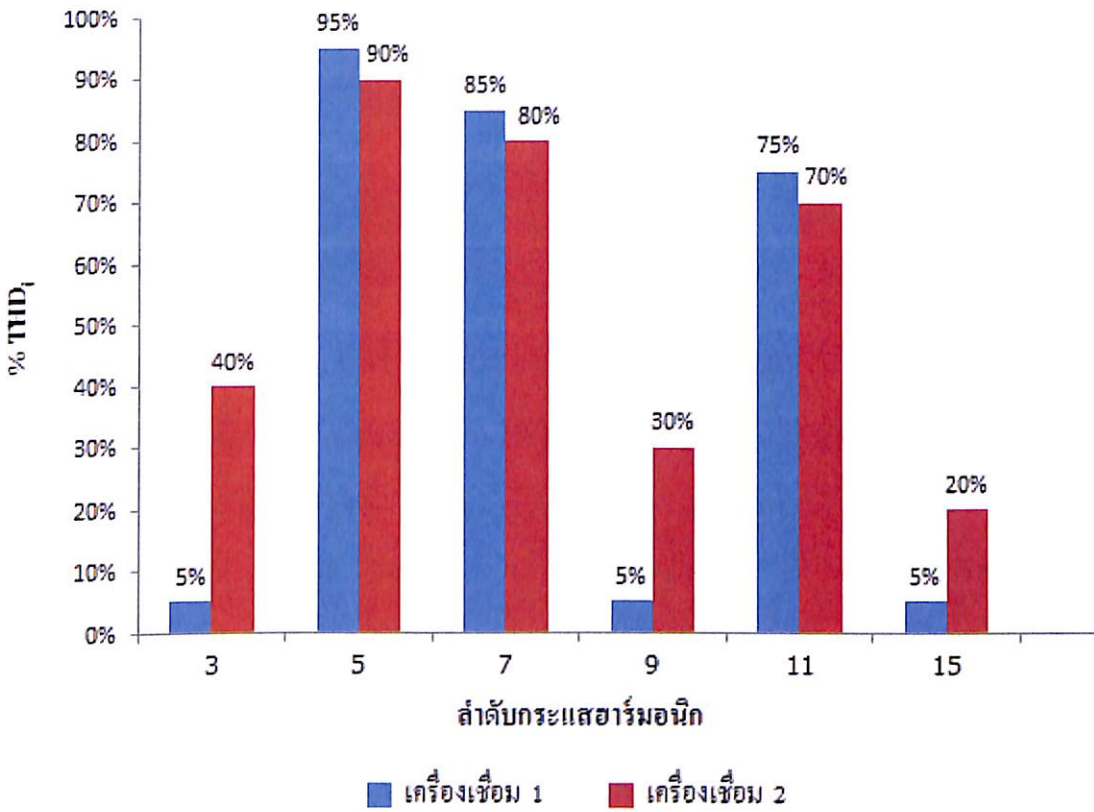
เกิดกระแสฮาร์โมนิกสูงโดยที่ฮาร์โมนิกลำดับที่ 5,7,11,13,17 และ 19 จะมีค่ากระแสฮาร์โมนิกที่สูงเกิน 50 เปอร์เซ็นต์จากการแสดงค่าของเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า จะมีค่าความผิดเพี้ยนรวมของกระแสฮาร์โมนิก ถึง 212 เปอร์เซ็นต์เป็นฮาร์โมนิกลำดับที่ดังรูปที่ 4.4 ค. จุดที่น่าสังเกตอีกอย่างก็คือ ทริปเบิ้ลฮาร์โมนิก (3,9,15,21) ลดต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์เช่นกัน จากการวิเคราะห์ผลของกระแสฮาร์โมนิกที่เกิดขึ้นกับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าทั้ง 2 ตัวอย่างทำให้ทราบถึงปริมาณของกระแสฮาร์โมนิกที่มีมาก ทางด้านอินพุทที่พบก็คือ ฮาร์โมนิกลำดับที่ 5 และ ฮาร์โมนิกลำดับที่ 7 มีค่าที่สูงมาก ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดกระแสฮาร์โมนิกของตัวอย่างเครื่องเชื่อมไฟฟ้า 2 เครื่อง

เปอร์เซ็นต์การเกิดกระแสฮาร์โมนิก (HD <sub>r</sub> )		
ลำดับฮาร์โมนิก	เครื่องเชื่อม 1	เครื่องเชื่อม 2
3	5%	40%
5	95%	90%
7	85%	80%
9	5%	30%
11	75%	70%
15	5%	20%
THD	263.8%	212.0%

จากตารางที่ 4.1 จะแสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดกระแสฮาร์โมนิกของตัวอย่างเครื่องเชื่อมไฟฟ้า 2 เครื่อง โดยจะเห็นได้ว่า ทริปเบิ้ลฮาร์โมนิก (3,9 และ 15) ของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าตัวที่ 1 มีค่าน้อยกว่าเครื่องเชื่อมไฟฟ้าตัวที่ 2 ประมาณ 15-35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งฮาร์โมนิกลำดับอื่นๆ จะมีค่าไม่ต่างกันมากนัก แต่ที่เห็นได้ชัด คือ ฮาร์โมนิกลำดับที่ 5 , 7 และ 11 ของทั้ง 2 เครื่องมีค่าสูงมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.5 ดังนั้นในบทนี้จึงได้นำเสนอการปรับปรุงตัวประกอบกำลังที่ใช้ตัวอย่างของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่สร้างขึ้นในการทำวิทยานิพนธ์ มาทำการปรับปรุงและติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อที่จะลดปริมาณกระแสฮาร์โมนิกทางด้านอินพุทของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่จะไหลเข้าไปสู่ระบบ

### เปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์โมนิก



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดกระแสฮาร์โมนิกของเครื่องเชื่อมตัวอย่าง 2 เครื่อง

#### 4.5 การออกแบบ ดีซี โช๊ค เพื่อติดตั้งในบัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของตัวเรียงกระแส 3 เฟส

##### 4.5.1 อุปกรณ์ในการทดลอง

- |                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| 1. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า              | 1 เครื่อง |
| 2. เครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า           | 1 เครื่อง |
| 3. ตัว ดีซี โช๊ค ค่า 100 mH        | 1 ตัว     |
| 4. ตัวเก็บประจุ ค่า 4,700 uF/600 V | 1 ตัว     |

#### 4.5.2 การออกแบบขนาด ดีซี ไลต์ และตัวเก็บประจุ

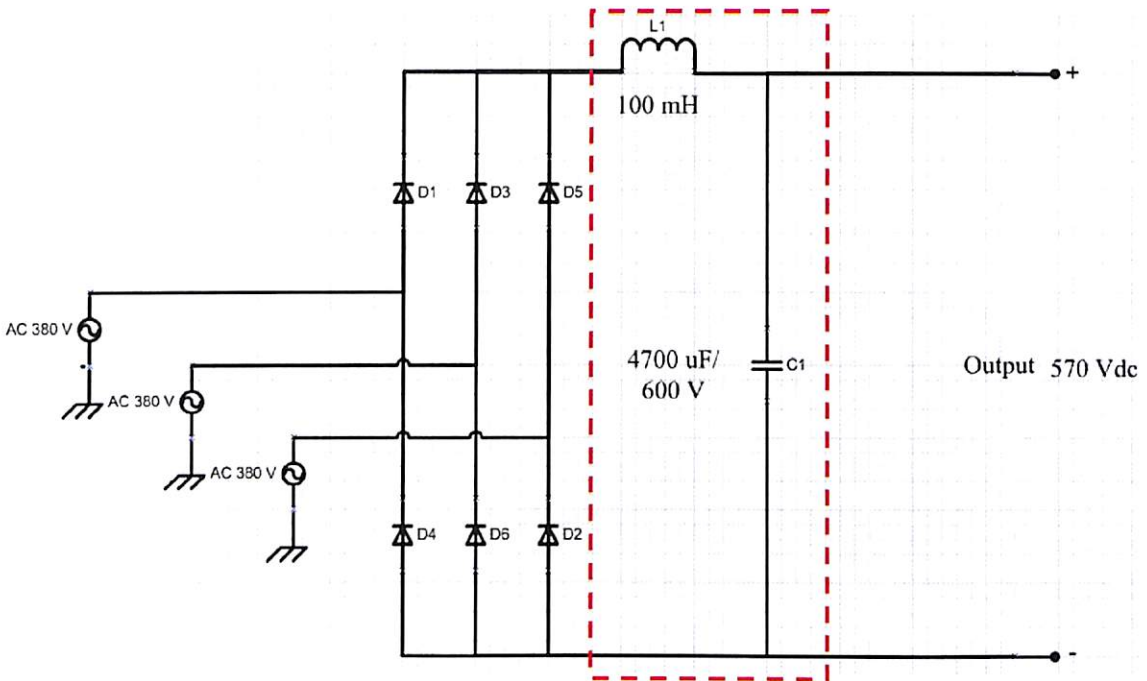
$$L = \frac{R \sqrt{\left(\frac{0.4714}{RF}\right)^2 - 1}}{4\pi f} \quad (1)$$

$$C = \frac{1 + \sqrt{2} RF}{2\sqrt{2} RF f R} \quad (2)$$

โดยค่า  $L$  = ค่าดีซี ไลต์ ที่ติดตั้ง  $C$  = ตัวประจุที่เป็นตัวกรองในบัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง  
 $f$  = ความถี่ของตัวเรียงกระแส 3 เฟส ในที่มีเท่ากับ 6 เท่าของความถี่ไฟฟ้าที่ระบบ เท่ากับ 300 Hz.  
 $V_{LL}$  = แรงดันระหว่างสายสูงสุดของระบบไฟฟ้า 3 เฟส จากสมการที่ 1 และ สมการที่ 2 นำไป  
 ประมาณค่า  $L$  และ  $C$  ที่เป็นตัวกรอง และนำไปปรับแต่งด้วยโปรแกรมเมท-แลป ได้รับค่าที่  $C =$   
 $4,700 \mu\text{F}$ ,  $L = 100 \text{ mH}$ .

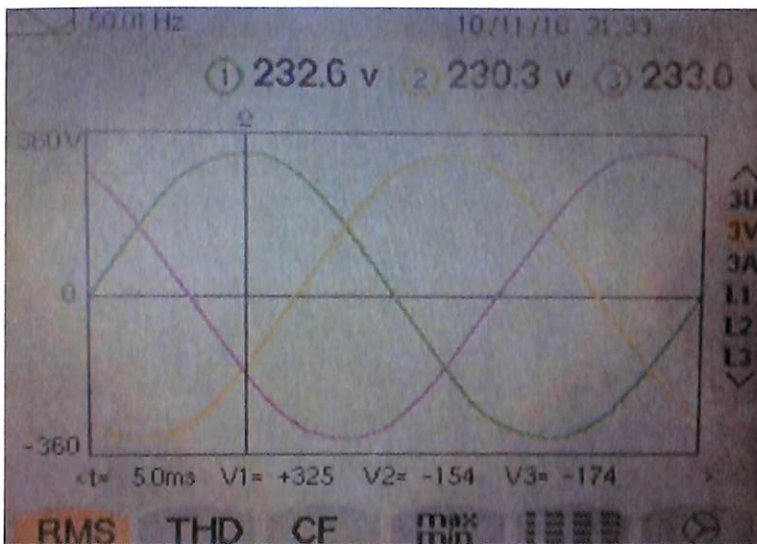
#### 4.5.3 การติดตั้ง ดีซี ไลต์ และการวัดแรงดันและกระแสฮาร์มอนิกของอินพุท

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วยเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ขนาด 15 กิโลวัตต์แอมป์  
 กระแสอินพุท 10 แอมป์ และ เครื่องวัดฮาร์มอนิกด้วย Power Quality Analyzer ของ Chauvin  
 Arnoux รุ่น C.A 8334 หลังจากนั้นได้ทำการติดตั้ง ดีซี ไลต์ โดยต่ออนุกรมที่บัสแรงดันไฟฟ้า  
 กระแสตรง ดังรูปที่ 4.6

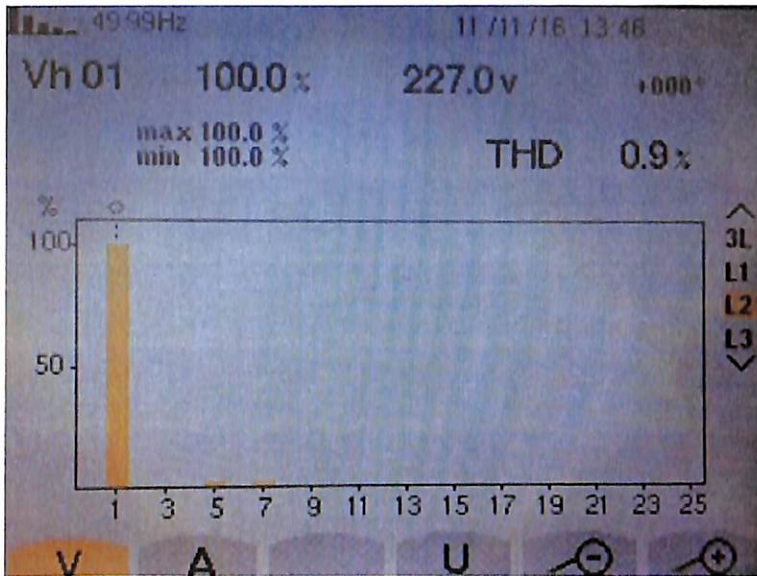


รูปที่ 4.6 การติดตั้ง ดีซี โฉ้ค ที่บัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

จากรูปที่ 4.7 ก. แสดงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 380 โวลท์ 3 เฟส ที่จ่ายเข้ามาในระบบ หลังจากที่ได้ติดตั้ง ดีซี โฉ้ค จะเห็นได้ว่ารูปคลื่นของแรงดันมีค่าความผิดเพี้ยนรวมของแรงดันฮาร์โมนิก หรือ  $THD_v$  จาก 1.7 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือเพียง 0.9 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลมาจากการติดตั้ง ดีซี โฉ้ค ดังรูปที่ 4.7 ข. ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่มีผลกระทบกับแรงดันไฟฟ้า



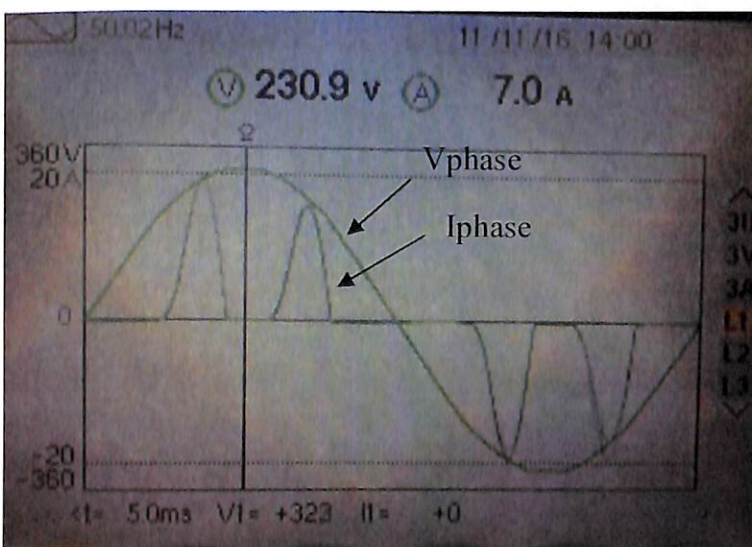
ก. รูปคลื่นแรงดันอินพุทที่สายของระบบไฟฟ้า



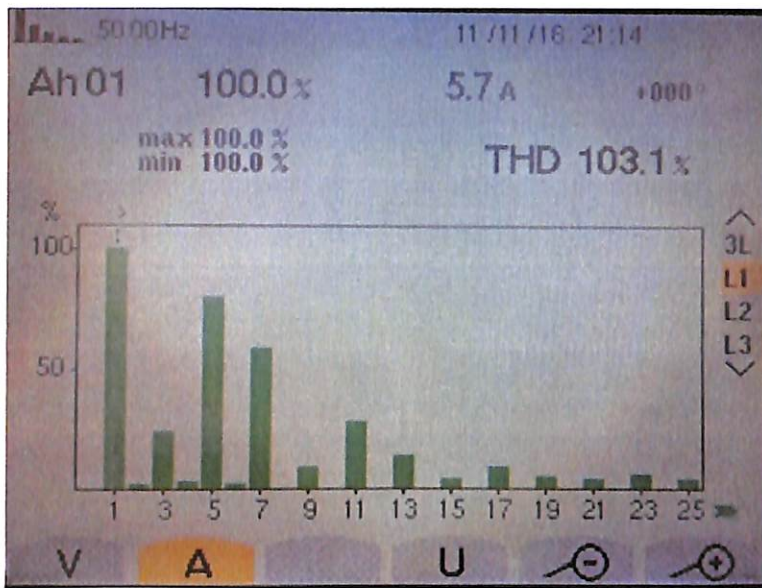
ข. สเปกตรัมของแรงดันที่สาย

รูปที่ 4.7 แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสที่จ่ายเข้าและสเปกตรัมของแรงดันไฟฟ้า

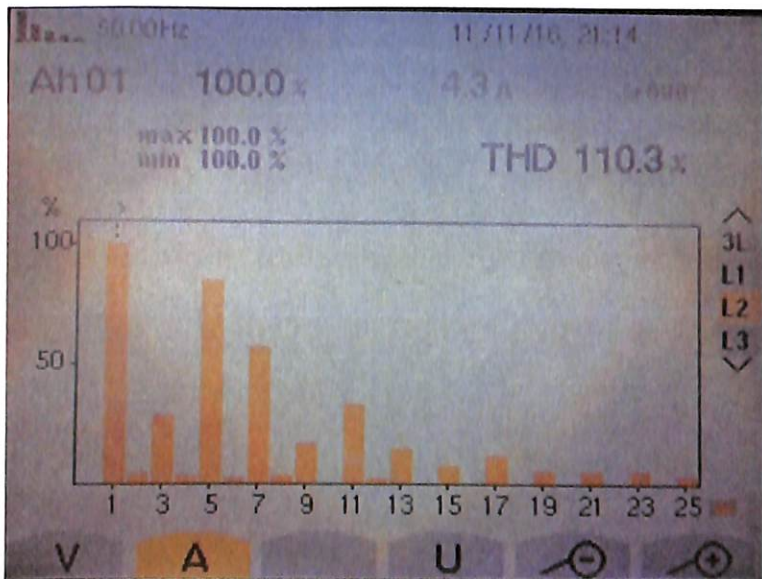
จากรูปที่ 4.8 ก. แสดงรูปคลื่นกระแสอินพุตที่สายของระบบไฟฟ้าจะเห็นได้ว่ารูปคลื่นกระแสที่เกิดจากการเหนี่ยวนำ ทำให้การเก็บประจุและคายประจุของตัวคาปาซิเตอร์ช้าลง รูปคลื่นมีความสมมาตรทั้งซีกบวกและซีกลบ และที่น่าสังเกตคือผลของรูปคลื่นกระแส 2 ลูกขยับเข้าใกล้กันมากขึ้น



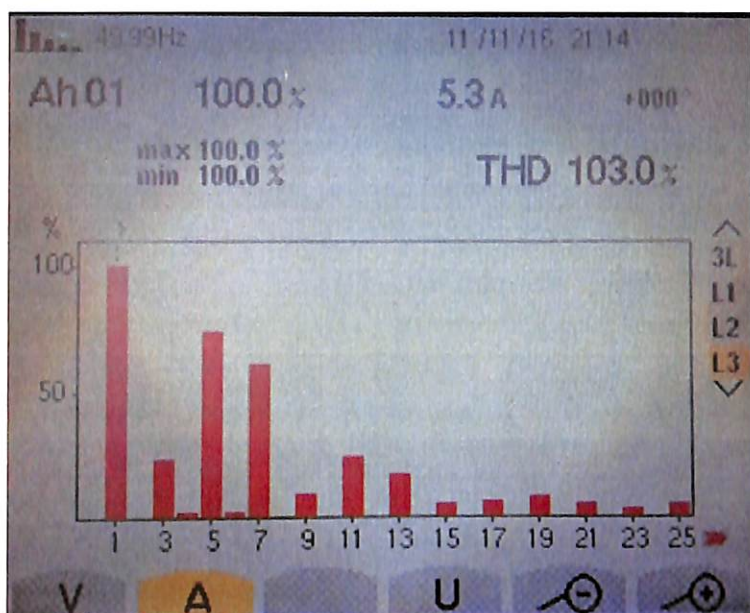
ก. รูปคลื่นกระแสอินพุตที่สายของระบบไฟฟ้า



ข. สเปกตรัมของกระแสในสายเฟส A



ค. สเปกตรัมของกระแสในสายเฟส B



ง. สเปกตรัมของกระแสในสายเฟส C

รูปที่ 4.8 รูปคลื่นกระแสอินพุทในสายที่จ่ายเข้าและสเปกตรัมของกระแสไฟฟ้าหลังการติดตั้ง

คิซี โฉ็ค ทั้ง 3 เฟส

ส่วนค่าสเปกตรัมของกระแสในสายทั้งเฟส A, B และ C มีค่าใกล้เคียงกันจะมีข้อหน้าสังเกตที่เฟส B จะมีสูงกว่าเล็กน้อย เป็นสาเหตุมาจากความไม่สมดุลของกระแสอาจเกิดจากสภาวะการเชื่อม ซึ่งกระแสต่างกันเพียง 1 แอมป์ แต่ค่าความผิดเพี้ยนรวมของกระแสฮาร์โมนิกลดลงเหลือ 103 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลดลงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.8 ข., ค. และ ง.

ตารางที่ 4.2 การลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์โมนิกก่อนและหลังการติดตั้ง ดีซี โฉด ที่บัส

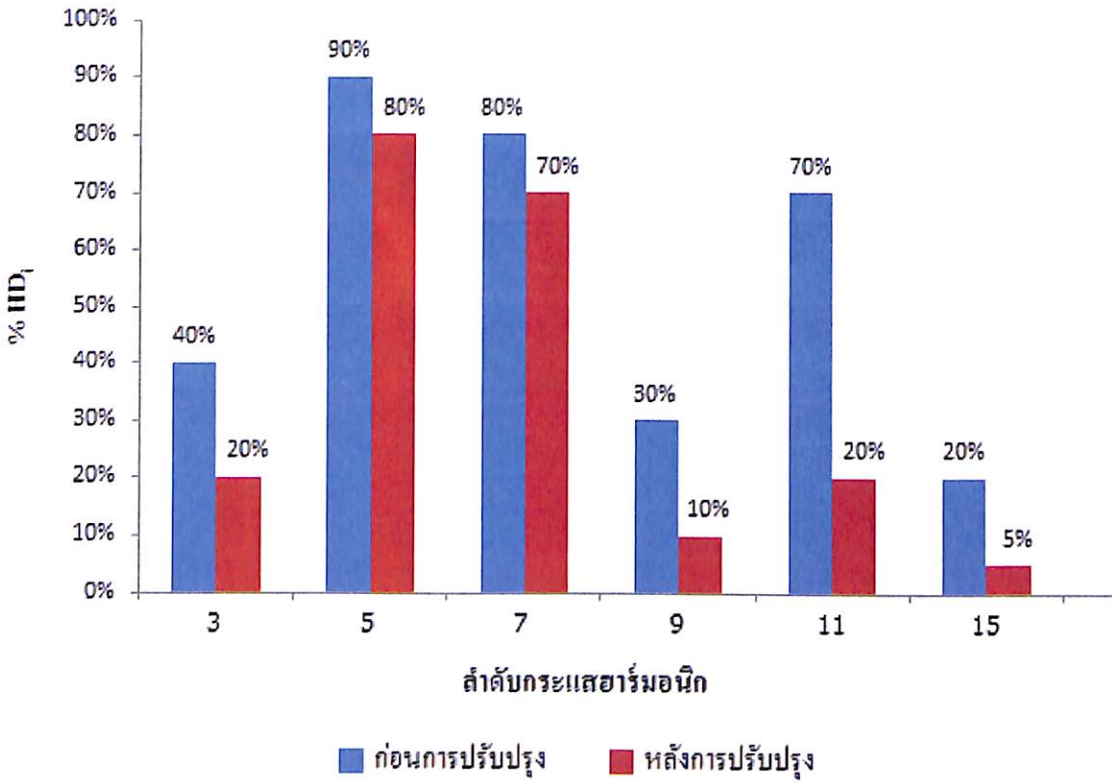
แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

เปอร์เซ็นต์การเกิดกระแสฮาร์โมนิก (HD <sub>i</sub> )			
ลำดับฮาร์โมนิก	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ระดับการลดลง
3	40%	20%	20%
5	90%	80%	10%
7	80%	70%	10%
9	30%	10%	20%
11	70%	20%	50%
15	20%	5%	15%
THD	212.0%	103.0%	109%

จากตารางที่ 4.2 เป็นการเปรียบเทียบการลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์โมนิกก่อนและหลังการติดตั้งตัวเหนี่ยวนำ ทำให้ทราบว่าสามารถลดฮาร์โมนิกลำดับที่ 11 ได้มากที่สุดคือ 50 เปอร์เซ็นต์และฮาร์โมนิกที่ลดได้น้อยที่สุดคือ ฮาร์โมนิกลำดับที่ 5 และ 7 ดังแสดงในรูปที่ 4.9



### เปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์มอนิก



รูปที่ 4.9 การลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์มอนิกก่อนและหลังการติดตั้ง ดีซี โช๊ค ที่บัส

แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

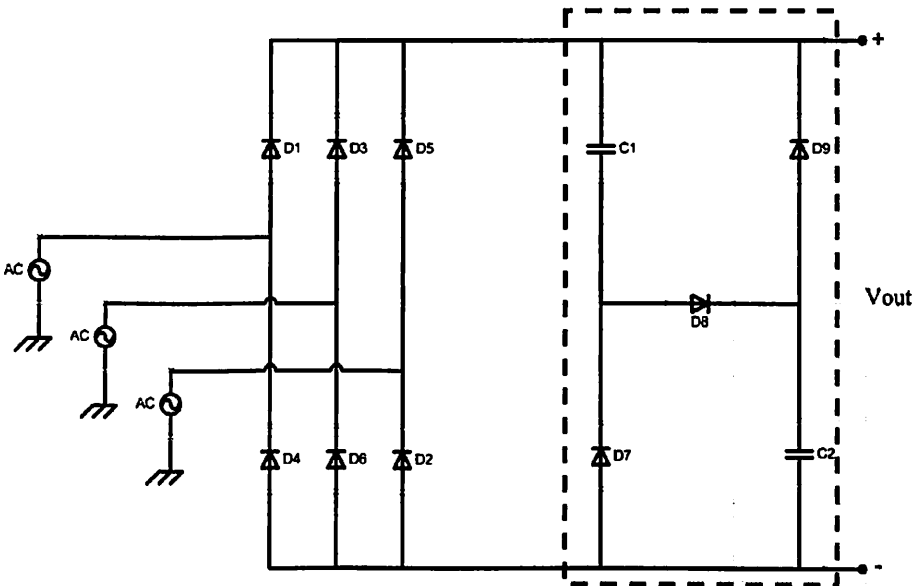
## 4.6 เทคนิคการออกแบบติดตั้งวงจร Valley Fill ในบัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของตัวเรียงกระแส 3 เฟส

### 4.6.1 แบบที่ 1 วงจร Valley Fill พื้นฐาน

อุปกรณ์ในการทดลอง

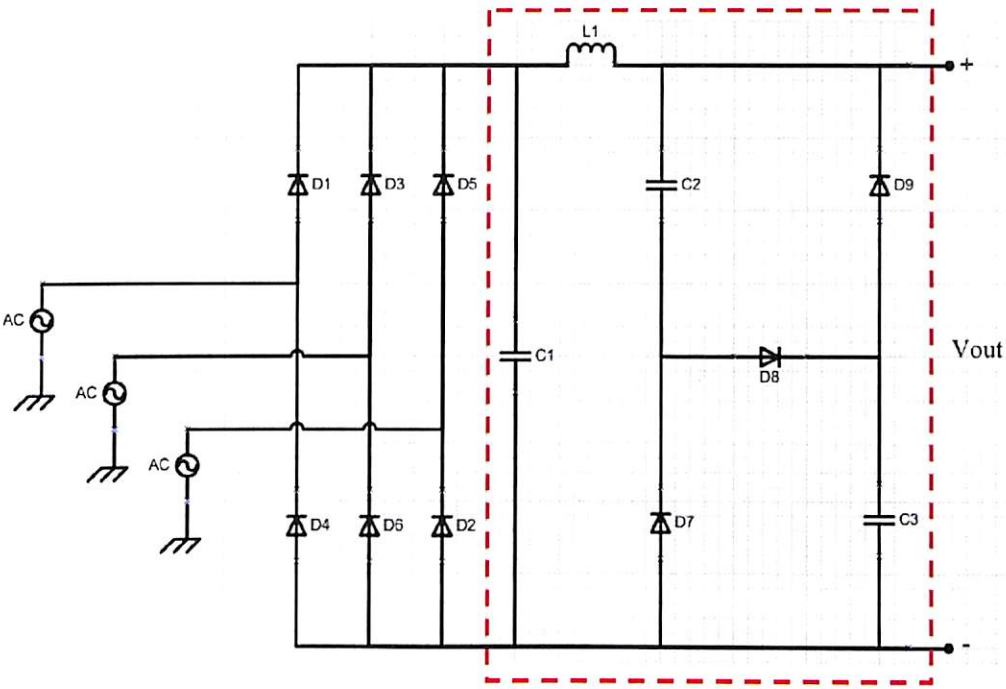
- |                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| 1. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า              | 1 เครื่อง |
| 2. เครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า           | 1 เครื่อง |
| 3. ตัว ดีซี โช๊ค ค่า 100 mH        | 1 ตัว     |
| 4. ตัวเก็บประจุ ค่า 3,300 uF/600 V | 1 ตัว     |
| 5. ตัวเก็บประจุ ค่า 4,700 uF/600 V | 1 ตัว     |
| 6. ตัวไดโอด 15 A /1200 V           | 3 ตัว     |

จากรูปที่ 4.10 แสดงวงจร Valley Fill พื้นฐาน ซึ่งมีหลักการทำงานคือ ตัวเก็บประจุ C1 และ C2 จะถูกประจุในจุดและปล่อยผ่านไดโอด D7 และ D9 แบบขนาน กระแสจะถูกดึงมาจาก Line จาก  $30^{\circ}$  ถึง  $150^{\circ}$  และจาก  $210^{\circ}$  ถึง  $330^{\circ}$  ความไม่ต่อเนื่องเกิดขึ้นที่  $150^{\circ}$  ถึง  $210^{\circ}$  และที่  $330^{\circ}$  ถึง  $360^{\circ}$  แล้ววงจรจะทำซ้ำตัวเอง โดย D8 ถูกแทรกเพื่อป้องกันไม่ให้ C2 ไหลผ่านทาง C1



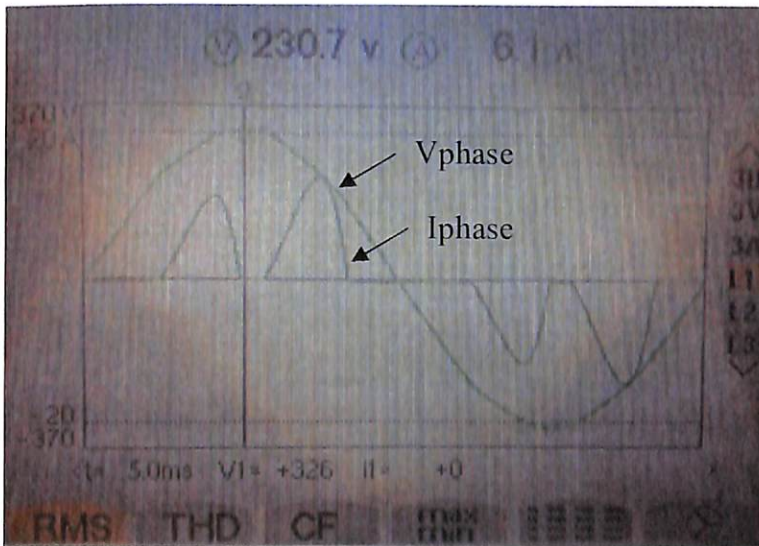
รูปที่ 4.10 วงจร Valley Fill พื้นฐาน

จากความไม่ต่อเนื่องตั้งแต่  $0^{\circ}$  ถึง  $30^{\circ}$  และจาก  $150^{\circ}$  ถึง  $210^{\circ}$  จะมีปริมาณของกระแสฮาร์มอนิกมาก ที่ถูกนำเข้าสู่อินพุทในรูปแบบของคลื่นต่างๆ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพไฟฟ้าของระบบ การออกแบบและติดตั้งวงจร Valley Fill ที่นำเสนอนี้ได้ออกแบบโดยใช้ตัวเก็บประจุ  $C1 = 4,700 \mu\text{F}$ ,  $C2$  และ  $C3 = 3,300 \mu\text{F}$  และใช้ คิซี ไซค์  $L = 100 \text{ mH}$  ดังแสดงในรูปที่ 4.11

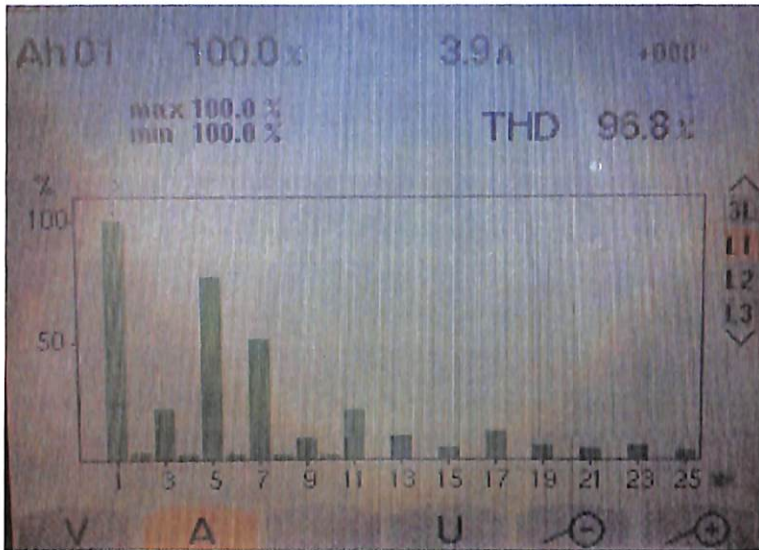


รูปที่ 4.11 วงจร Valley Fill ที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุ และ ดีซี โช๊ค

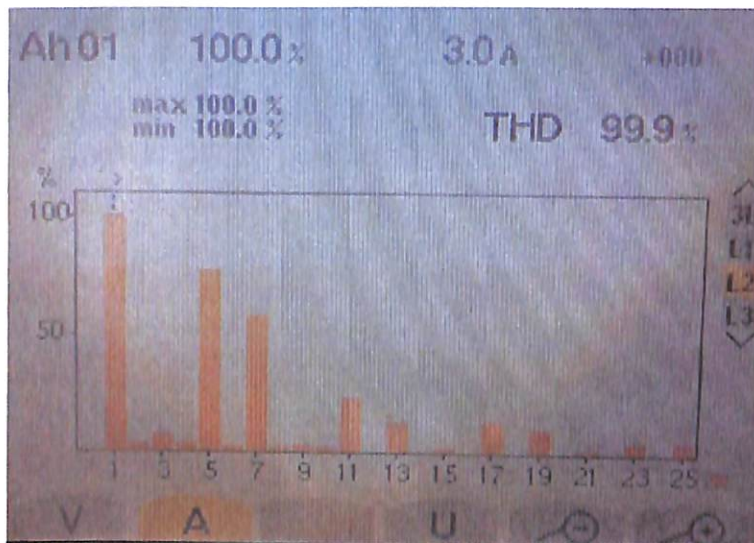
จากรูปที่ 4.12 ก. แสดงรูปคลื่นกระแสทางด้านอินพุตที่จ่ายเข้ามาจะเห็นได้ว่าหลังจากที่ได้ติดตั้งวงจร Valley Fill ที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำรวมรูปคลื่น 2 ลูกจะขยับเข้าใกล้กันเพิ่มขึ้นแต่ยังไม่เป็นรูปคลื่นไซน์แต่มีความสมมาตรทั้งซีกบวกและซีกลบ



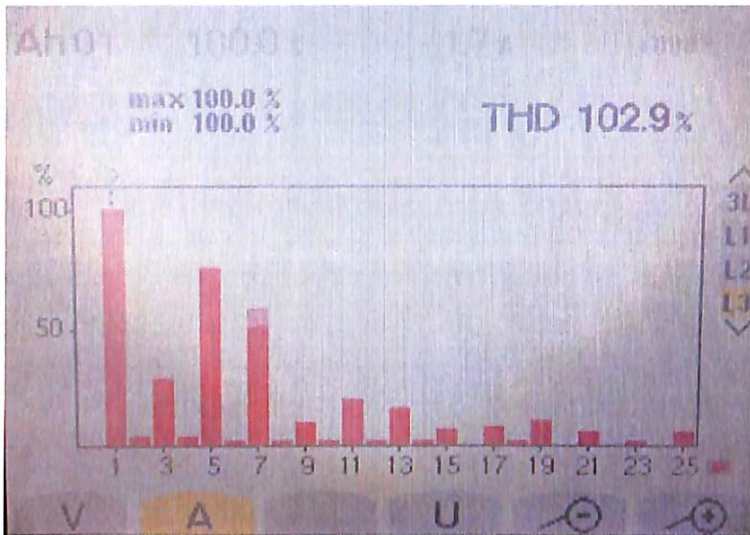
ก. รูปคลื่นกระแสอินพุตที่สายเฟส A



ข. สเปกตรัมของกระแสในสายเฟส A



ค. สเปกตรัมของกระแสในสายเฟส B



จ. สเปกตรัมของกระแสในสายเฟส C

รูปที่ 4.12 รูปคลื่นกระแสอินพุทที่สายและสเปกตรัมของกระแสไฟฟ้าหลังการติดตั้งวงจร

#### Valley Fill แบบที่ 1

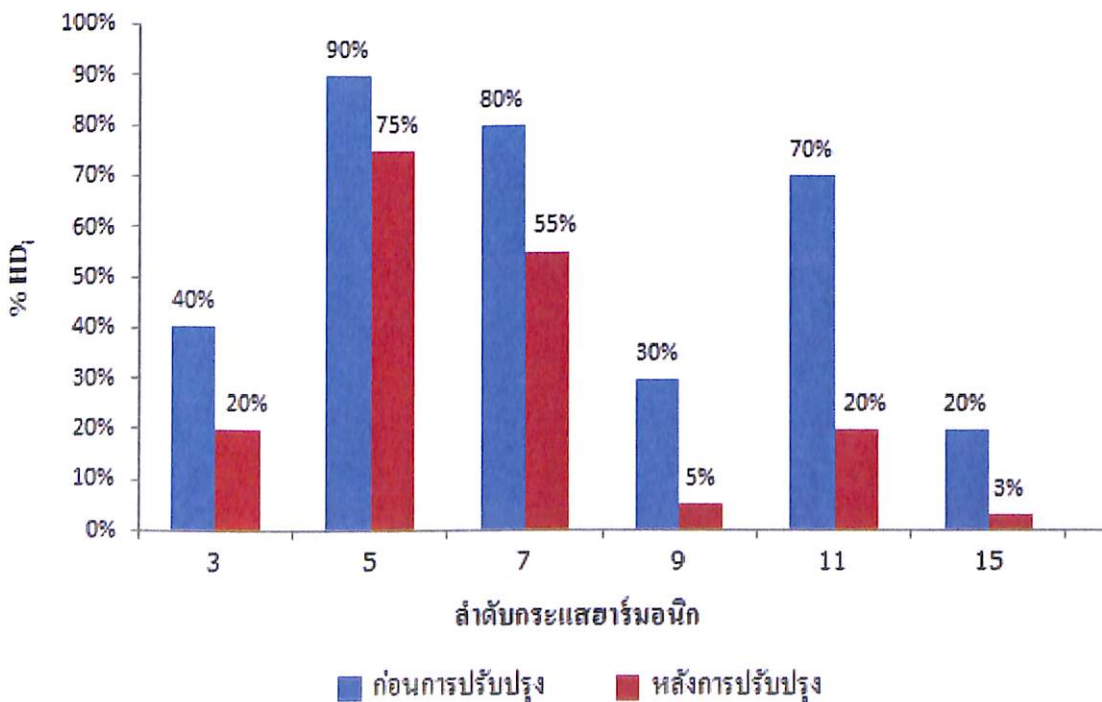
และค่าสเปกตรัมของกระแสในสายทั้งเฟส A, B และ C มีค่าใกล้เคียงกัน จะมีข้อหน้าสังเกตที่เฟส C จะมีสูงกว่าเล็กน้อยเป็นสาเหตุมาจากความไม่สมดุลของกระแส ซึ่งอาจเกิดจากสภาวะการเชื่อมต่อ แต่ค่าความผิดเพี้ยนรวมของกระแสฮาร์มอนิกลดลงเหลือ 96.8 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.12 ข.,ค. และ ง. ซึ่งจะเห็นได้ว่า ฮาร์มอนิกลำดับที่ทุกลำดับมีค่าลดลง แต่ส่วนมากจะเป็นการลดฮาร์มอนิกลำดับสูงๆ

จากตารางที่ 4.3 เป็นการเปรียบเทียบการลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์มอนิกก่อนและหลังการปรับปรุง โดยใช้เทคนิคการออกแบบและติดตั้งวงจร Valley Fill แบบที่ 1 แสดงให้เห็นว่าฮาร์มอนิกลำดับที่ 5 และ 7 ยังคงมีค่าที่สูงอยู่ถึงแม้ว่าจะลดลงบ้างแล้วก็ตามแต่ฮาร์มอนิกลำดับอื่นมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะฮาร์มอนิกลำดับที่ 9 และ 15 ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 4.13

ตารางที่ 4.3 การลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสรูม่อนิกก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการออกแบบและติดตั้งวงจร Valley Fill แบบที่ 1

เปอร์เซ็นต์การเกิดกระแสรูม่อนิก (HD <sub>i</sub> )			
ลำดับรูม่อนิก	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ระดับการลดลง
3	40%	20%	20%
5	90%	75%	15%
7	80%	55%	25%
9	30%	5%	25%
11	70%	20%	50%
15	20%	3%	17%
THD	212.0%	96.8%	115.2%

### เปอร์เซ็นต์กระแสรูม่อนิก



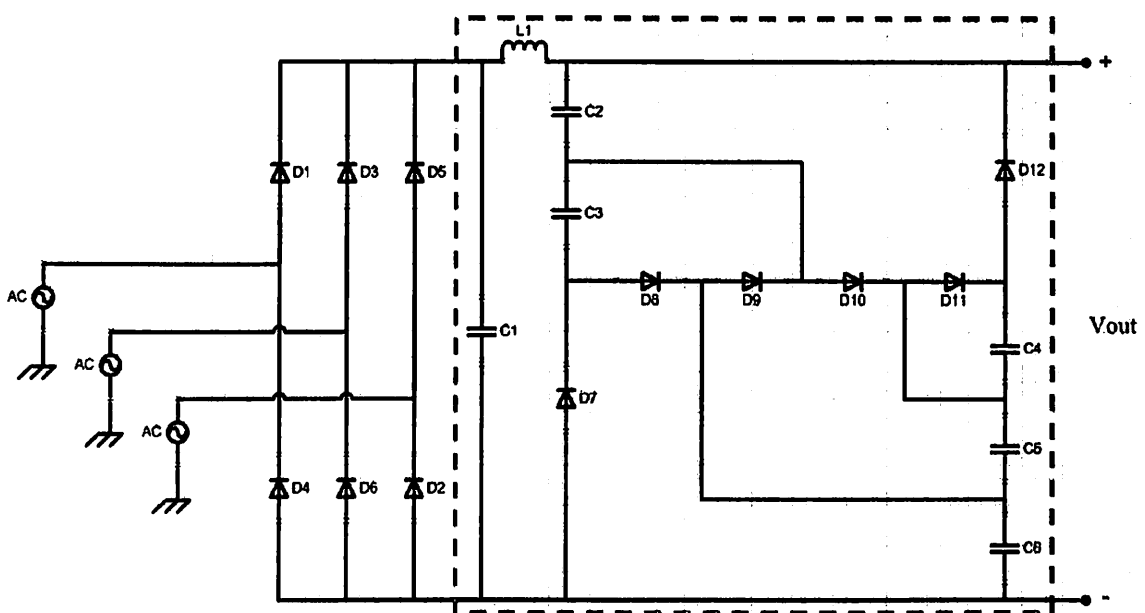
รูปที่ 4.13 การลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสรูม่อนิกก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการออกแบบและติดตั้งวงจร Valley Fill แบบที่ 1

#### 4.6.2 แบบที่ 2 เทคนิคการประยุกต์อากวงจร Valley Fill พื้นฐาน

##### อุปกรณ์ในการทดลอง

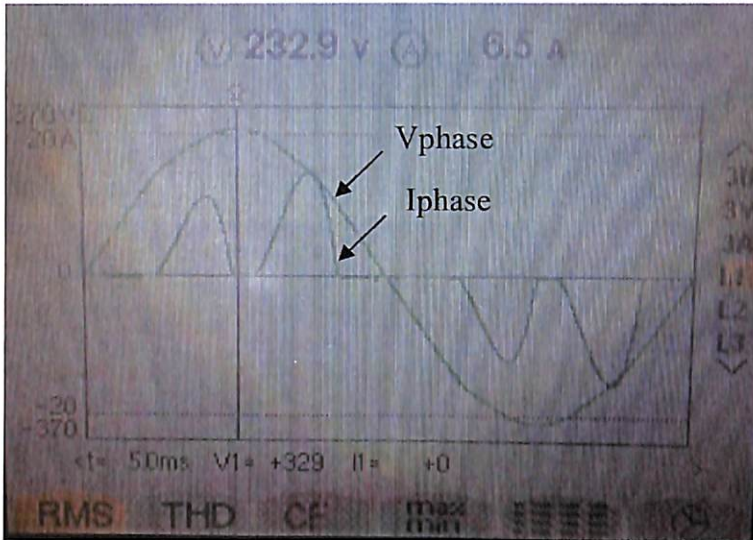
1. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า	1 เครื่อง
2. เครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า	1 เครื่อง
3. ตัว คีชี โห้ค ค่า 100 mH	1 ตัว
4. ตัวเก็บประจุ ค่า 3,300 uF/600 V	5 ตัว
5. ตัวเก็บประจุ ค่า 4,700 uF/600 V	1 ตัว
6. ตัวไดโอด 15 A /1200 V	6 ตัว

หลักการทำงาน คือ ไดโอด D8 ทำหน้าที่จัดหาเส้นทางสำหรับ C3 และ C5 ที่ชาร์จไฟขนาน และไดโอด D10 เป็นเส้นทางสำหรับการชาร์จแบบขนาน C2 และ C6 ตัวเก็บประจุ C2 และ C6 จะประจุเป็นชุดด้วย C3 และ C5 และปล่อยผ่าน D7 และ D12 แบบขนาน มีการใส่ไดโอด D9 เพื่อป้องกันไม่ให้ C2 และ C6 ไหลผ่าน C3 และ C5 ส่วน D11 จะเป็นเส้นทางการประจุของ C4 เพื่อช่วยเสริมอีกทางหนึ่ง เป็นเทคนิคการประยุกต์เพื่อออกแบบและติดตั้งวงจร Valley Fill ที่ใช้ตัวเก็บประจุ  $C1 = 4,700 \text{ uF}$  โดย  $C2, C3, C4, C5$  และ  $C6 = 3,300 \text{ uF}$  และใช้ตัวเหนี่ยวนำ  $L = 100 \text{ mH}$  ดังแสดงในรูปที่ 4.14

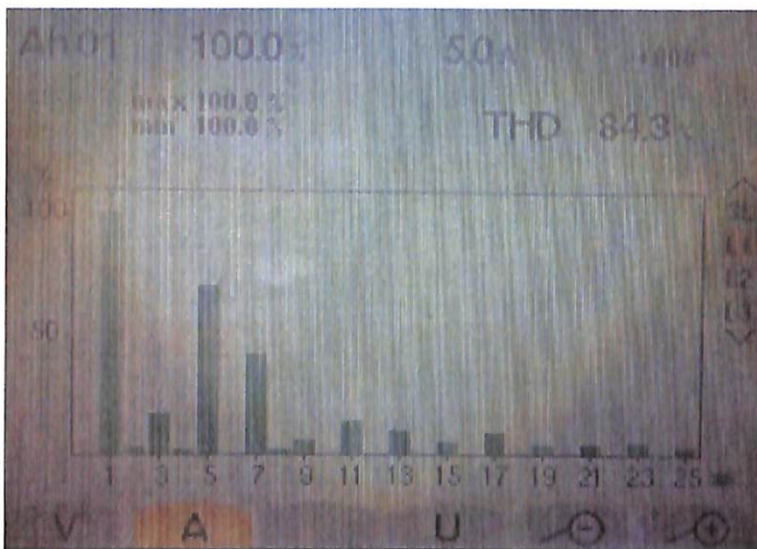


รูปที่ 4.14 การประยุกต์วงจร Valley Fill ที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุและ คีชี โห้ค

จากรูปที่ 4.15 ก. เป็นรูปคลื่นของกระแสอินพุทที่สาย 3 เฟส หลังจากที่ได้ติดตั้งวงจร Valley Fill ที่ได้ประยุกต์ขึ้น ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำและการเก็บประจุและคายประจุของคาปาซิเตอร์ แต่ยังไม่เป็นรูปคลื่นไซน์

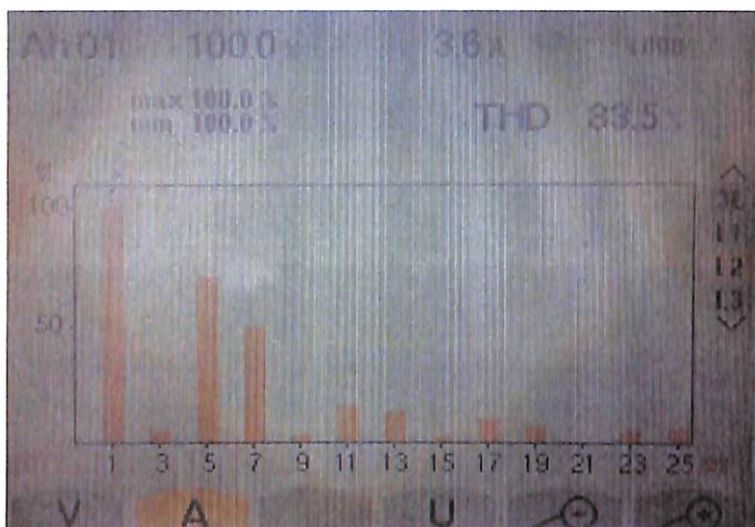


ก. รูปคลื่นกระแสอินพุทที่สาย

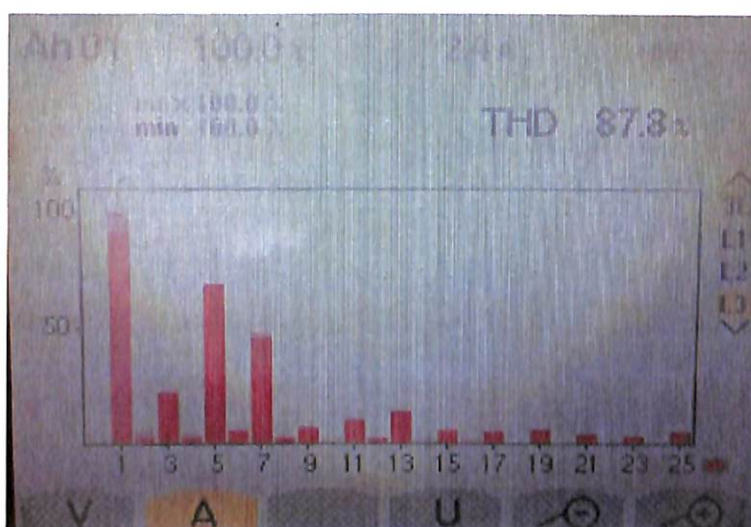


ข. สเปกตรัมของกระแสในสายเฟส A





ค. สเปกตรัมของกระแสในสายเฟส B



ง. สเปกตรัมของกระแสในสายเฟส C

รูปที่ 4.15 รูปคลื่นกระแสอินพุทที่สายและสเปกตรัมของกระแสไฟฟ้าหลังการติดตั้งวงจร

Valley Fill แบบที่ 2

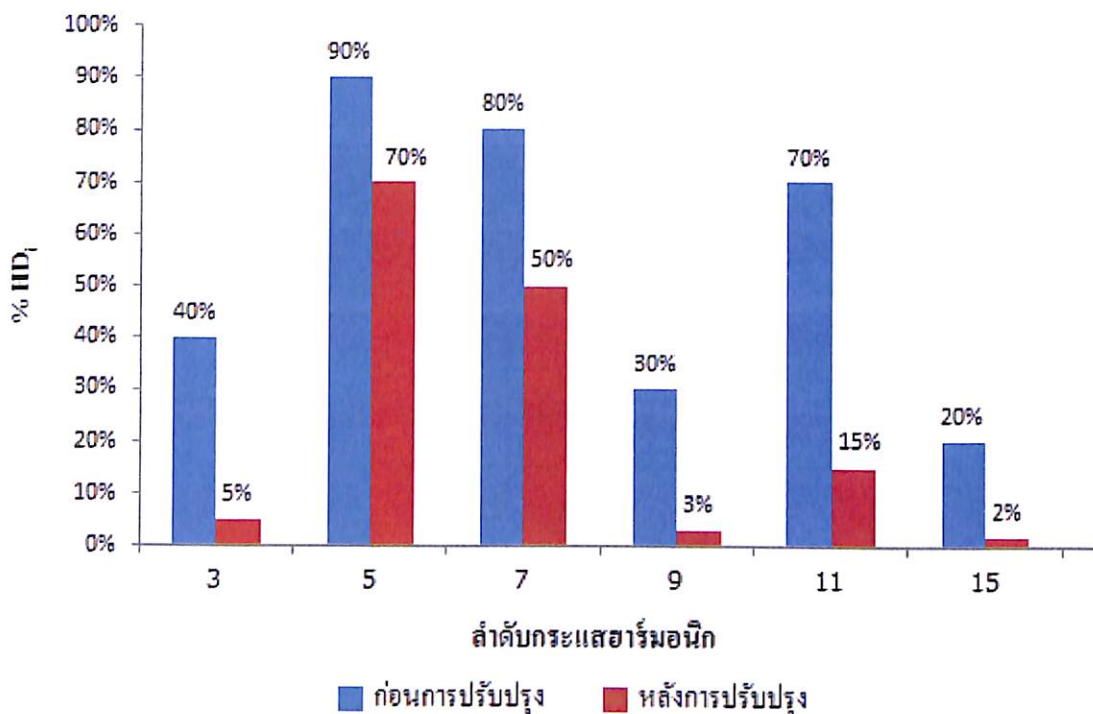
ส่วนค่าสเปกตรัมของกระแสในสายทั้งเฟส A และ C มีค่าใกล้เคียงกัน ฮาร์มอนิกลำดับสูงๆ จะลดลงมาก มีข้อสงสัยที่เฟส B จะเห็นได้ว่าทริปเปิ้ลฮาร์มอนิกมีน้อยมากและฮาร์มอนิกลำดับที่ 21 ไม่มีเลย ส่งผลให้ค่าความผิดเพี้ยนรวมของกระแสฮาร์มอนิก THD<sub>r</sub> ลดลงเหลือ 83.5 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.15 ค. เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับก่อนและหลังการติดตั้งตามตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสน้ำร้อนก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการประยุกต์เพื่อการออกแบบและติดตั้งวงจร Valley Fill แบบที่ 2

เปอร์เซ็นต์การเกิดกระแสน้ำร้อน (HD <sub>p</sub> )			
ลำดับฮาร์โมนิก	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ระดับการลดลง
3	40%	5%	35%
5	90%	70%	20%
7	80%	50%	30%
9	30%	3%	27%
11	70%	15%	55%
15	20%	2%	18%
THD	212.0%	83.5%	128.5%

ตารางที่ 4.4 เป็นการเปรียบเทียบการลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสน้ำร้อนก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการประยุกต์เพื่อออกแบบและติดตั้งวงจร Valley Fill แบบที่ 2 ซึ่งจะเห็นว่าระดับของฮาร์โมนิกลำดับที่ 3, 9, 11 และ 15 ลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่ฮาร์โมนิกลำดับที่ 5 และ 7 ยังคงมีเปอร์เซ็นต์การลดลงที่ยังไม่มากนัก ดังแสดงในรูปที่ 4.16

### เปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์มอนิก



รูปที่ 4.16 การลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์มอนิกก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้เทคนิค

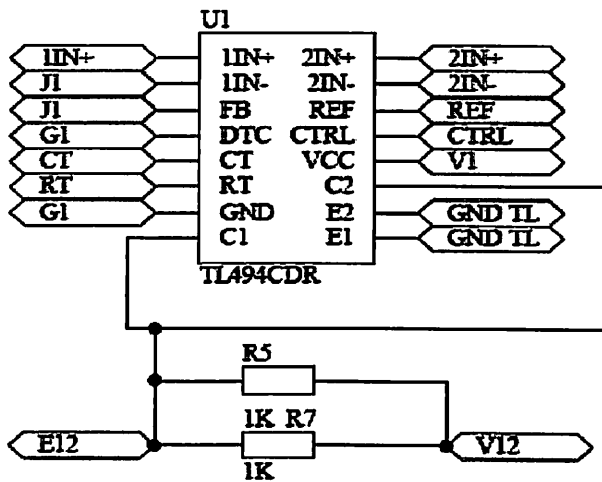
ติดตั้งวงจร Valley Fill แบบที่ 2

#### 4.7 เทคนิคการออกแบบติดตั้งวงจร Chopper ในบัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของตัวเรียงกระแส 3 เฟส

อุปกรณ์ในการทดลอง

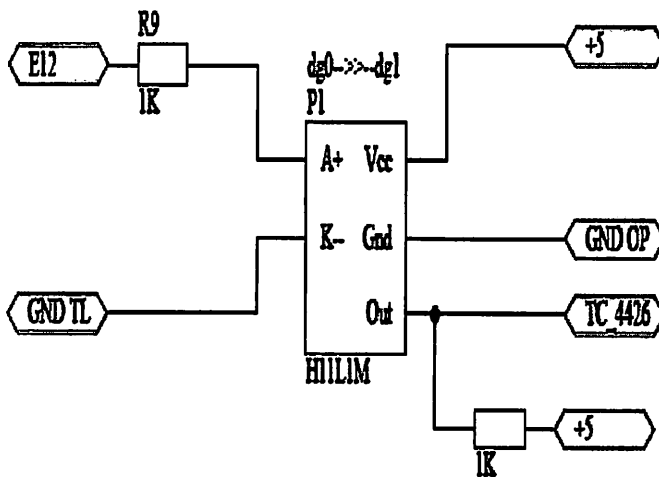
- |                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| 1. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า              | 1 เครื่อง |
| 2. เครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า           | 1 เครื่อง |
| 3. วงจรชอปเปอร์                    | 1 วงจร    |
| 4. ตัวเก็บประจุ ค่า 2,200 uF/600 V | 1 ตัว     |
| 5. ตัวต้านทาน 100 โอห์ม            | 1 ตัว     |

วงจรซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นเพื่อการทดลอง ประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ในการทดลองนี้จะใช้ความถี่ PWM ที่ 10 กิโลเฮิร์ต ใช้ตัวสร้างสัญญาณรูปสามเหลี่ยมคือ TL 494 เพื่อใช้อ้างอิงกับสัญญาณที่ได้รับมาทางด้านอินพุทของขา REF ทำให้ได้สัญญาณ PWM ออกมาทางด้านเอาต์พุตดังรูปที่ 4.17



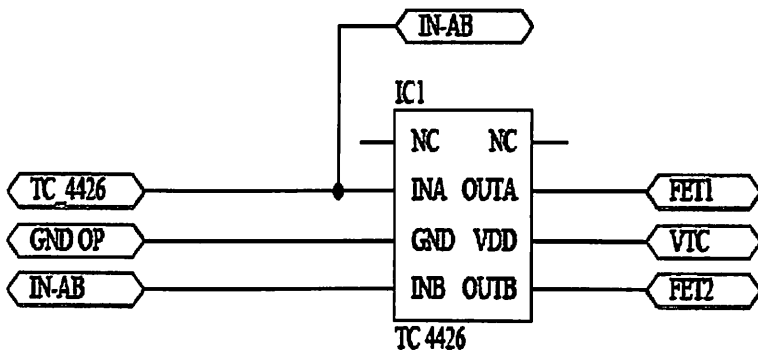
รูปที่ 4.17 วงจรสร้างสัญญาณ PWM โดย IC เบอร์ TL494

จากนั้นจะส่งสัญญาณไปให้ยังตัวออปโตไดโอดเบอร์ H11L1M ดังรูปที่ 4.18 เพื่อทำการแยกกราวด์ทางไฟฟ้า โดยใช้แหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ 2 ชุด ขนาด 18 โวลท์ สัญญาณที่ออกจากออปโตไดโอดนั้นยังเป็นสัญญาณในระดับ TTL ยังไม่สามารถนำไปใช้ขั้วเบสของ IGBT ได้



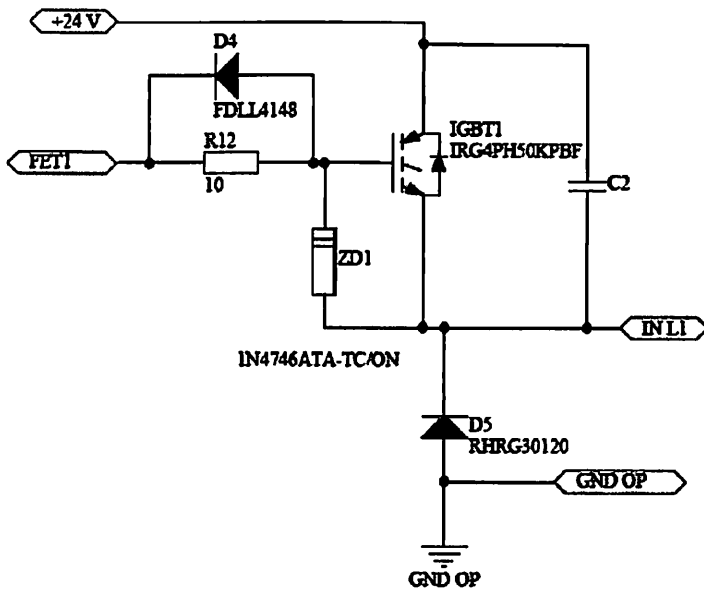
รูปที่ 4.18 วงจรสร้างสัญญาณขั้วนำเบส โดย OPTO เบอร์ H11L1M

ดังนั้นสัญญาณจึงถูกส่งต่อไปยัง IC ขั้วนำเกต เบอร์ TC 4426 เพื่อทำการขยายสัญญาณให้สามารถที่จะขั้วนำเกตของ IGBT ได้ ดังรูปที่ 4.19



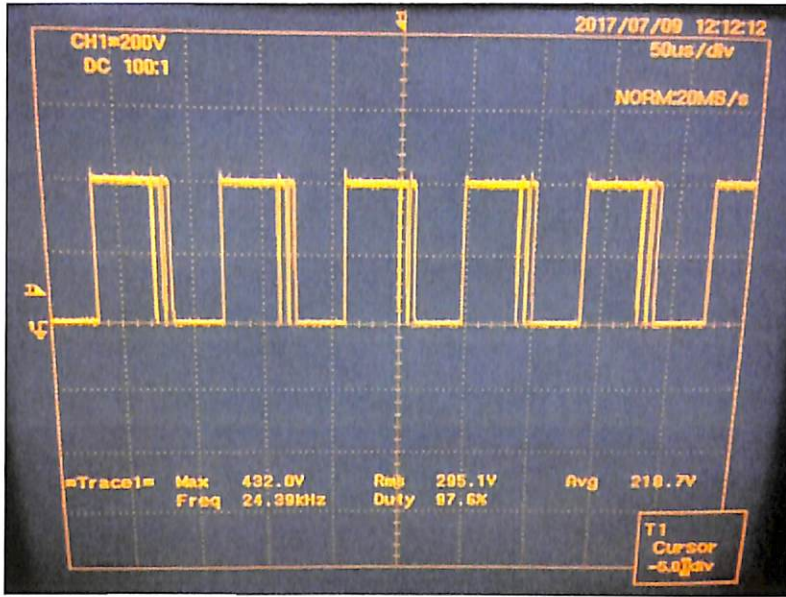
รูปที่ 4.19 วงจรขยายสัญญาณขั้วนำเกต โดย IC เบอร์ TC 4426

โดย IGBT ที่นำมาใช้คือเบอร์ IRG4PH50KPBF เพราะเป็นเบอร์ที่มีพิกัดทนแรงดันได้สูงที่สามารถหาได้ตามท้องตลาดคือ 1,200 โวลท์และลิมิตกระแสที่สามารถรับโหลดได้คือ 45 แอมป์จะนำไปใช้เป็นสวิตช์กำลังในการตัดและต่อแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายให้แก่โหลด ดังรูปที่ 4.20



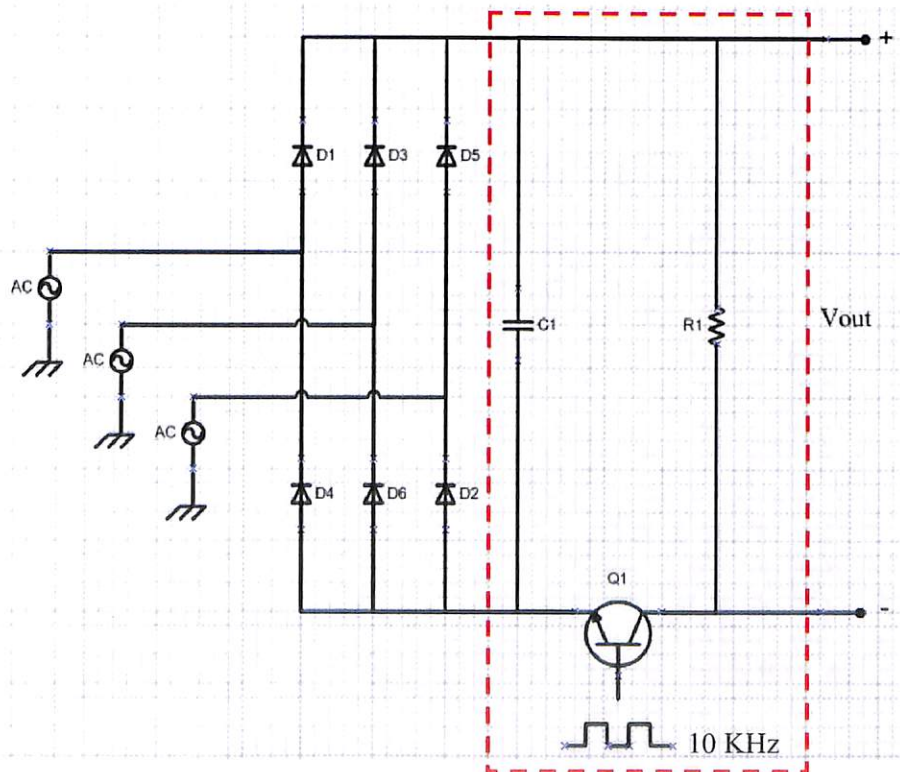
รูปที่ 4.20 วงจรชอปเปอร์ โดย IGBT เบอร์ IRG4PH50KPBF

โดยจะทำงานเป็นสัดส่วนกับคาบเวลาสวิตช์จะทำให้แรงดันค่าเฉลี่ยเอาท์พุทมีระดับแรงดันตามต้องการและทำให้สามารถลดกระแสฮาร์มอนิกทางด้านอินพุทลงได้โดยรูปสัญญาณที่วัดได้แสดงในรูปที่ 4.21



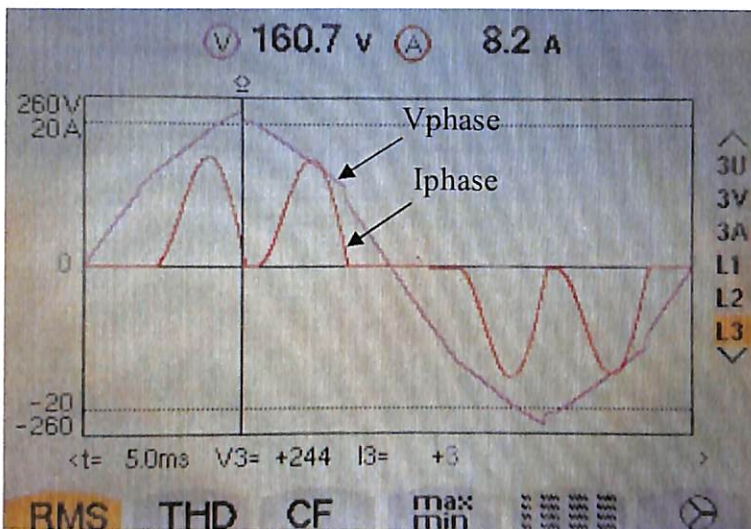
รูปที่ 4.21 สัญญาณที่ได้จากวงจรชอปเปอร์

4.7.1 เทคนิคการประยุกต์เพื่อออกแบบติดตั้งวงจร Chopper ที่บัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงทางฝั่งด้านลบ

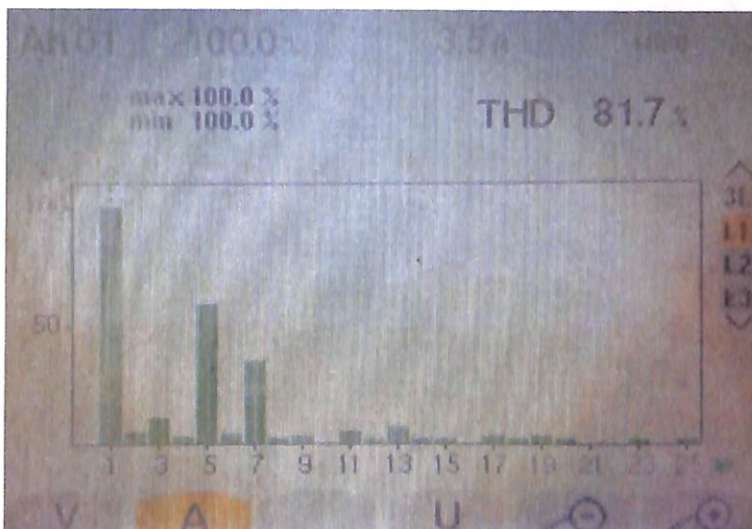


รูปที่ 4.22 เทคนิคการออกแบบติดตั้งวงจร Chopper ในบัสแรงดันไฟฟ้าทางฝั่งด้านลบ

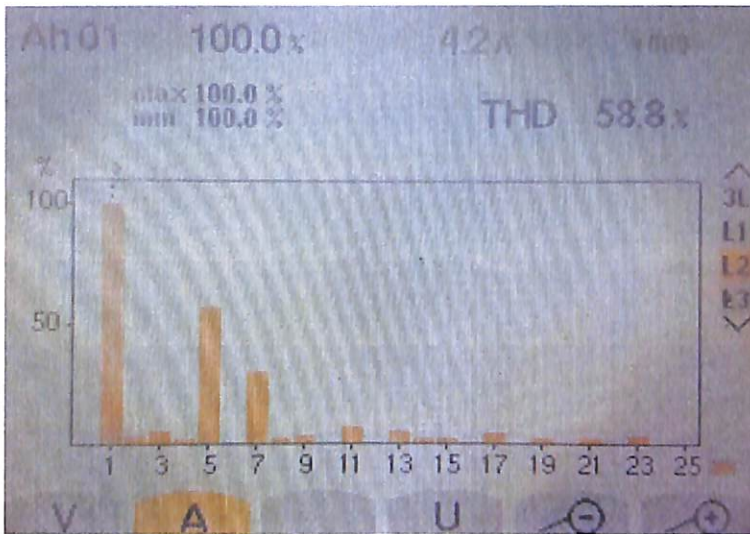
จากรูปที่ 4.22 เป็นเทคนิคการออกแบบติดตั้งวงจร Chopper เป็นเทคนิคการประยุกต์เพื่อออกแบบและติดตั้งบัสแรงดันไฟฟ้าทางฝั่งด้านลบที่ใช้ความถี่ PWM เท่ากับ 10 KHz ในการสวิตช์แรงดันไฟฟ้าทางด้านลบ จากนั้นวัดค่าฮาร์มอนิกที่อินพุทของเครื่องเชื่อมจะได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.23 จากรูปที่ 4.23 ก. แสดงรูปคลื่นของกระแสอินพุทที่สาย ซึ่งจะเห็นได้ว่ารูปคลื่นที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการติดตั้งวงจร Chopper ทางฝั่งด้านลบ โดยอาศัยการทำงานของวงจร Chopper เข้ามาช่วยสวิตช์แรงดันที่ออกมาจากวงจรเรียงกระแส 3 เฟส เพื่อให้ได้แรงดันตามที่ต้องการ



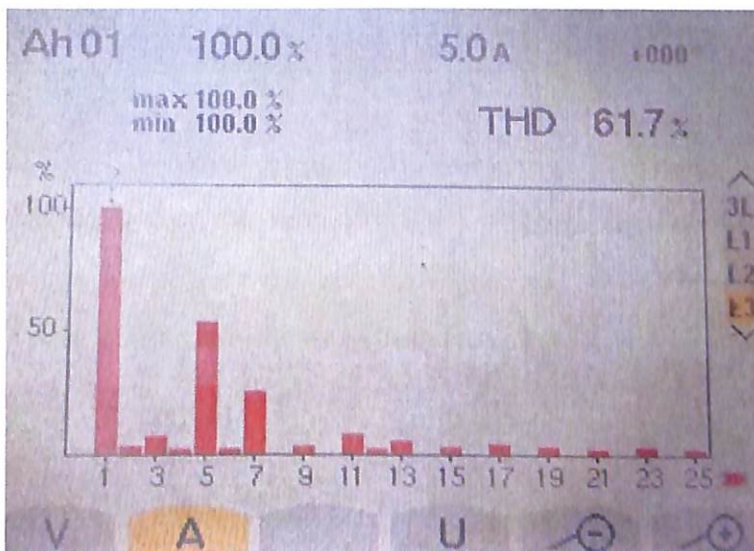
ก. รูปคลื่นกระแสอินพุทที่สายเฟส



ข. สเปกตรัมของกระแสในสายเฟส A



ค. สเปกตรัมของกระแสในสายเฟส B



ง. สเปกตรัมของกระแสในสายเฟส C

รูปที่ 4.23 รูปคลื่นกระแสอินพุตที่สายและสเปกตรัมของกระแสไฟฟ้าหลังการติดตั้งวงจร Chopper ในบัสแรงดันไฟฟ้าทางฝั่งด้านลบ

จากรูปที่ 4.23 ข., ค. และ ง. แสดงค่าสเปกตรัมของกระแสในสายทั้งเฟส A, B และ C มีค่าใกล้เคียงกัน โดยสังเกตเห็นว่าทั้ง 3 เฟส จะมีปริมาณของกระแสฮาร์มอนิกในลำดับที่สูงลดลงอย่างมีนัยสำคัญจากเครื่องมือวัดคุณภาพไฟฟ้าแสดงให้เห็นถึงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดเพี้ยนรวมของกระแสฮาร์มอนิก THDi ลดลงเหลือ 58.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งระดับลดลงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์อย่างเห็นได้ชัดดังแสดงในตารางที่ 4.5

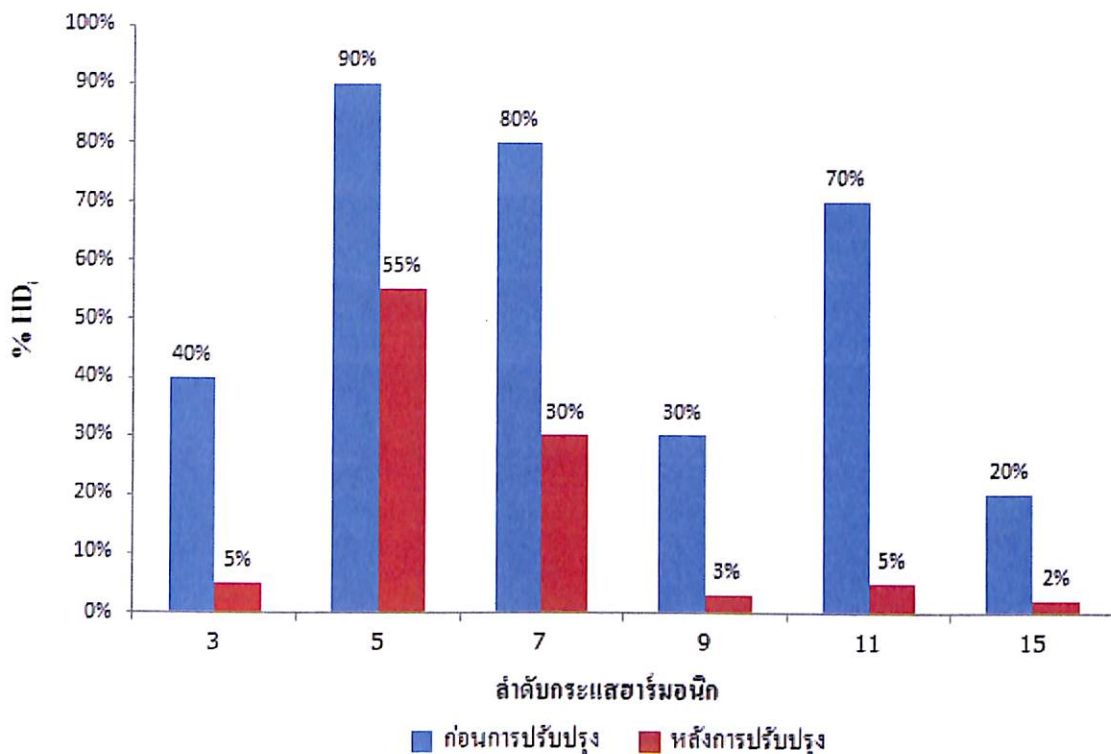


ตารางที่ 4.5 การลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์มอนิกก่อนและหลังการปรับปรุง โดยใช้เทคนิคการออกแบบติดตั้งวงจร Chopper ในบัสแรงดันไฟฟ้าทางฝั่งด้านลบ

เปอร์เซ็นต์การเกิดกระแสฮาร์มอนิก (HD <sub>n</sub> )			
ลำดับฮาร์มอนิก	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ระดับการลดลง
3	40%	5%	35%
5	90%	55%	35%
7	80%	30%	50%
9	30%	3%	27%
11	70%	5%	65%
15	20%	2%	18%
THD	212.0%	58.8%	153.2%

จากตารางที่ 4.5 เป็นการเปรียบเทียบการลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์มอนิกก่อนและหลังการปรับปรุง โดยใช้เทคนิคการออกแบบติดตั้งวงจร Chopper ในบัสแรงดันไฟฟ้าทางฝั่งด้านลบ จะเห็นได้ว่า ฮาร์มอนิกลำดับที่ 11 ลดลงมากที่สุด คือ 65 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งวิธีนี้ยังสามารถลดฮาร์มอนิกลำดับที่ 5 และ 7 ได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 4.19

## เปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์มอนิก



รูปที่ 4.24 การลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์มอนิกก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้เทคนิค

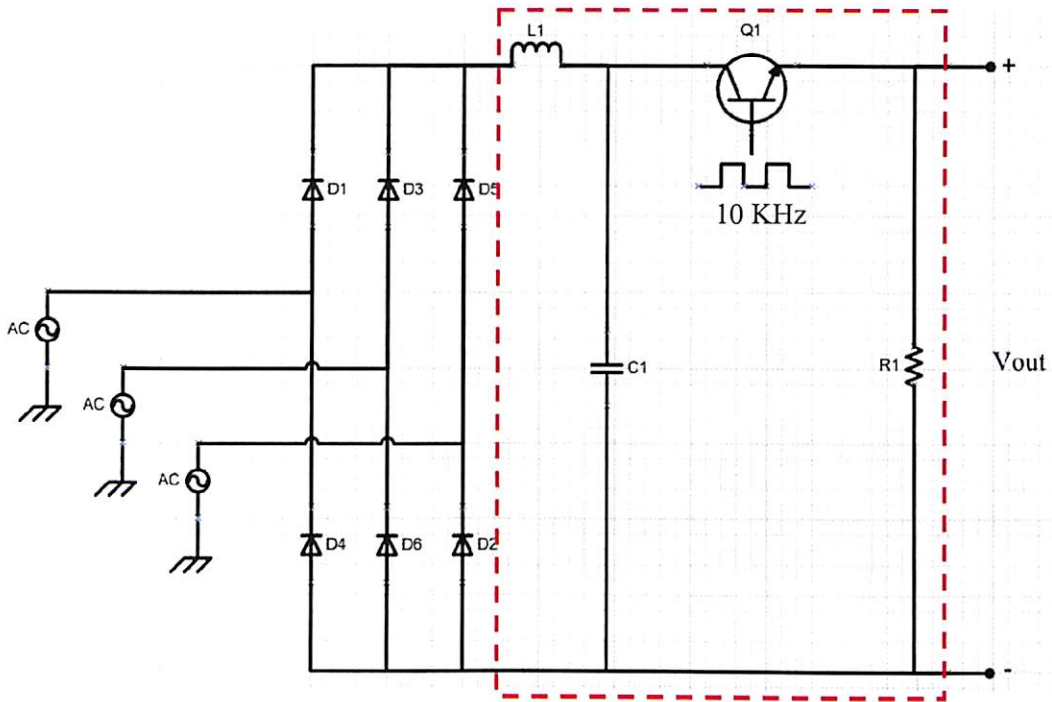
การออกแบบติดตั้งวงจร Chopper ในบัสแรงดันไฟฟ้าทางฝั่งด้านลบ

#### 4.7.2 เทคนิคการประยุกต์เพื่อออกแบบติดตั้งวงจร Chopper ที่บัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงทางฝั่งด้านบวก

##### อุปกรณ์ในการทดลอง

- |  |           |
|--|-----------|
| 1. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า                                | 1 เครื่อง |
| 2. เครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า                             | 1 เครื่อง |
| 3. วงจรชอปเปอร์                                      | 1 วงจร    |
| 4. ตัวเก็บประจุ ค่า 2,200 $\mu\text{F}/600\text{ V}$ | 1 ตัว     |
| 5. ตัวต้านทาน 100 โอห์ม                              | 1 ตัว     |

เป็นเทคนิคการออกแบบติดตั้งวงจร Chopper เป็นเทคนิคการประยุกต์เพื่อออกแบบและติดตั้งบัสแรงดันไฟฟ้าทางฝั่งด้านบวกดังแสดงในรูปที่ 4.25



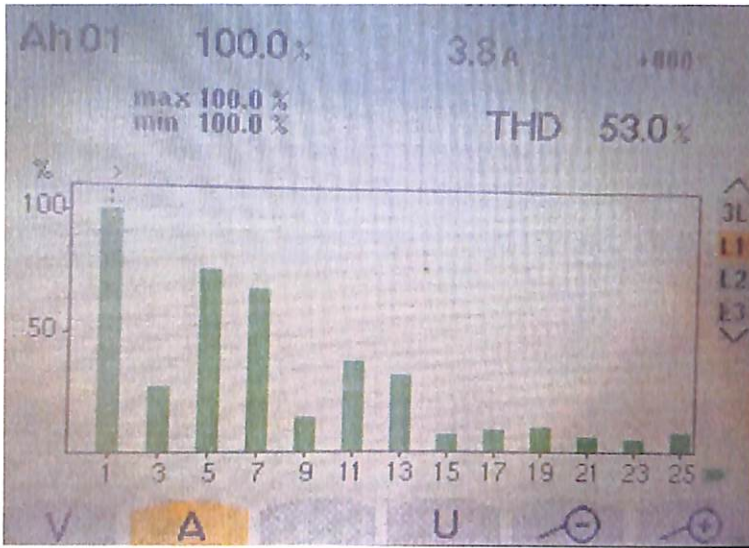
รูปที่ 4.25 เทคนิคการออกแบบติดตั้งวงจร Chopper ในบัสแรงดันไฟฟ้าทางฝั่งด้านบวก

จากรูปที่ 4.25 เป็นการย้ายวงจร Chopper ที่ติดตั้งในบัสแรงดันไฟฟ้าทางฝั่งด้านลบมาติดตั้งที่บัสแรงดันด้านบวก จากนั้นทำการวัดฮาร์มอนิกทางด้านอินพุทของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าผลที่ได้จะแสดงในรูปที่ 4.26

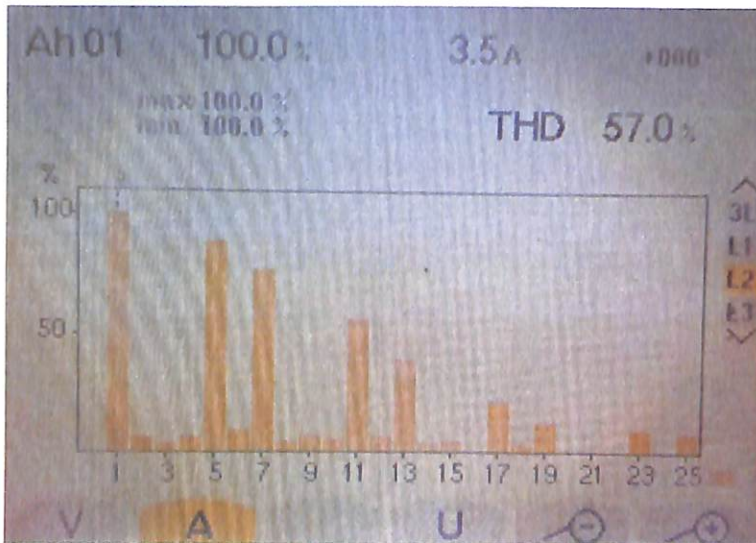
จากรูปที่ 4.26 ก. เป็นรูปคลื่นกระแสทางด้านอินพุทของไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสในสายที่จ่ายเข้าแสดงให้เห็นถึงรูปคลื่นของกระแสที่มีความสมมาตรทั้งซีกบวกและซีกลบ



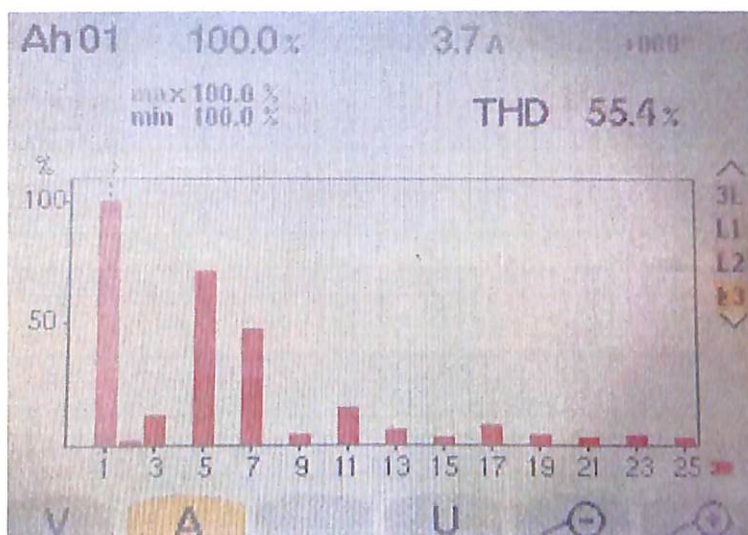
ก. รูปคลื่นกระแสอินพุทที่สาย



ข. สเปกตรัมของกระแสในสายเฟส A



ค. สเปกตรัมของกระแสในสายเฟส B



จ. สเปกตรัมของกระแสในสายเฟส C

รูปที่ 4.26 รูปคลื่นกระแสอินพุทที่สายและสเปกตรัมของกระแสไฟฟ้าหลังการติดตั้งวงจร Chopper ในบัสแรงดันไฟฟ้าทางฝั่งด้านบวก

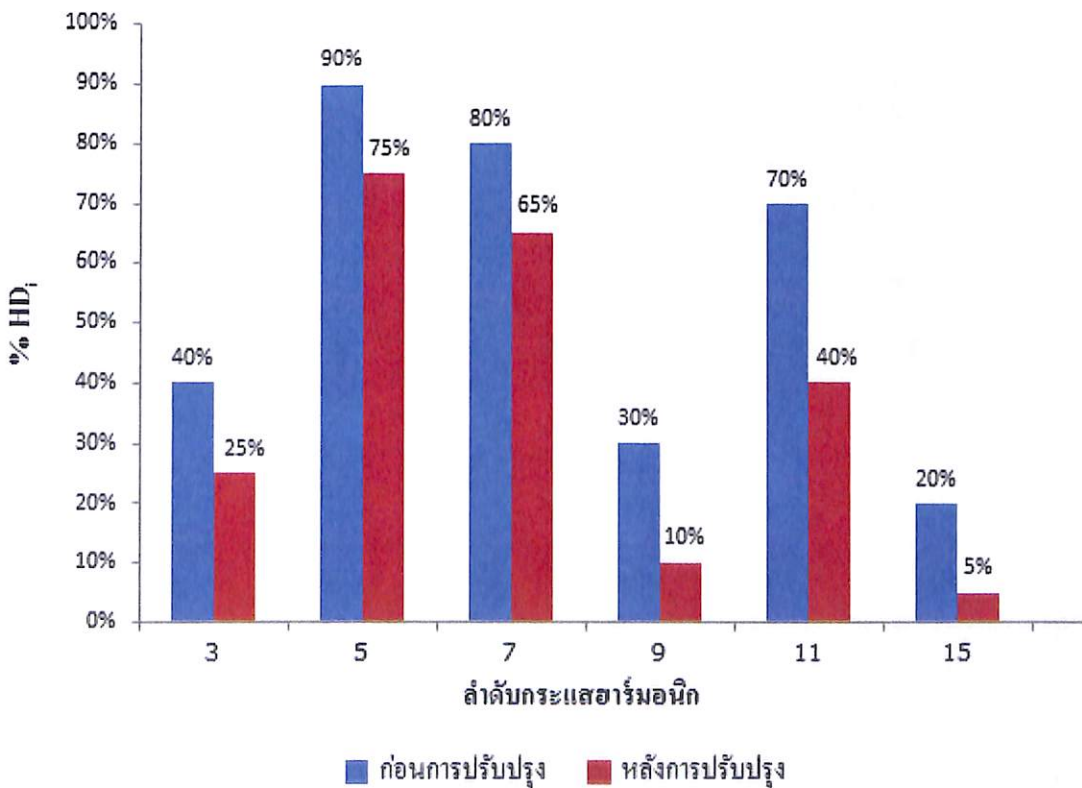
จากรูปที่ 4.26 ข., ค. และ ง. แสดงค่าสเปกตรัมของกระแสในสายทั้งเฟส A, B และ C มีค่าใกล้เคียงกัน จะมีข้อหน้าสังเกตที่เฟส B จะมีสูงกว่าเล็กน้อย จะเป็นสาเหตุจากความไม่สมดุลย์ของกระแส ซึ่งอาจเกิดจากสภาวะการเชื่อม แต่จะเห็นว่าทริปเปิ้ลฮาร์โมนิกมีค่าน้อยกว่าฮาร์โมนิกลำดับอื่นๆ และ กระแสฮาร์โมนิกที่ลำดับสูงลดลงจากการแสดงค่าของเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดเพี้ยนรวมของกระแสฮาร์โมนิก เท่ากับ 53 เปอร์เซ็นต์เป็นฮาร์โมนิกลำดับคี่ เนื่องจากกระแสมีค่าความสมมาตรทั้งบวกและลบ เพื่อนำมาเปรียบเทียบ ดังแสดงในตารางที่ 4.6

จากตารางที่ 4.6 เป็นการเปรียบเทียบการลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์โมนิกก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการออกแบบติดตั้งวงจร Chopper ในบัสแรงดันไฟฟ้าทางฝั่งด้านบวกสังเกตเห็นว่าระดับการลดลงของกระแสฮาร์โมนิกจะอยู่ระหว่าง 15-30 เปอร์เซ็นต์ แต่ที่เห็นได้ชัดก็คือการที่ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดเพี้ยนรวมของกระแสฮาร์โมนิก ก่อนและหลังการปรับปรุงสามารถลดถึง 53 เปอร์เซ็นต์ แต่ยังคงลดค่ากระแสฮาร์โมนิกลำดับที่ 5 และ 7 ได้ยังไม่มากนักดังแสดงในรูปที่ 4.27

ตารางที่ 4.6 การลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์มอนิกก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการออกแบบติดตั้งวงจร Chopper ในบัสแรงดันไฟฟ้าทางฝั่งด้านบวก

เปอร์เซ็นต์การเกิดกระแสฮาร์มอนิก (HD <sub>i</sub> )			
ลำดับฮาร์มอนิก	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ระดับการลดลง
3	40%	25%	15%
5	90%	75%	15%
7	80%	65%	15%
9	30%	10%	20%
11	70%	40%	30%
15	20%	5%	25%
THD	212.0%	53.0%	159.0%

เปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์มอนิก



รูปที่ 4.27 การลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์มอนิกก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการออกแบบติดตั้งวงจร Chopper ในบัสแรงดันไฟฟ้าทางฝั่งด้านบวก

#### 4.8 ผลของรอยเชื่อมจากการทดลองทั้ง 3 วิธี

ในการทดลองเชื่อมนี้ จะใช้ลวดเชื่อมเหล็กขนาด 2.4 mm ที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป



รูปที่ 4.28 รอยเชื่อมของเครื่องเชื่อมที่สร้างขึ้น ก่อนการติดตั้ง

จากรูปที่ 4.28 แสดงรอยเชื่อมของเครื่องเชื่อมที่สร้างขึ้น ก่อนการติดตั้งวิธีต่างๆจะเห็นว่า กระแสเชื่อมยังไม่ค่อยคงที่มากนัก ซึ่งเกิดความไม่คงที่ของกระแสและแรงดันไฟฟ้าทางด้าน เออาร์พุก



รูปที่ 4.29 รอยเชื่อมของการติดตั้ง DC Choke

จากรูปที่ 4.29 แสดงรอยเชื่อมเมื่อทำการติดตั้ง DC Choke ที่ DC Bus จะเห็นว่ากระแสเชื่อม มีความคงที่ ซึ่งเกิดการติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวทำให้เกิดความคงที่ของกระแสและแรงดันไฟฟ้า ทางด้านเออาร์พุก

จากรูปที่ 4.30 ก. และ ข. แสดงรอยเชื่อมเมื่อทำการติดตั้งวงจร Valley Fill ซึ่งจะเห็นว่ารอย เชื่อมดูเรียบขึ้นที่เกิดจากกระแสและแรงดันไฟฟ้าทางด้านเออาร์พุกมีความเสถียรมากขึ้น



ก. รอยเชื่อมที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งวงจร Valley Fill แบบที่ 1 ที่ DC Bus



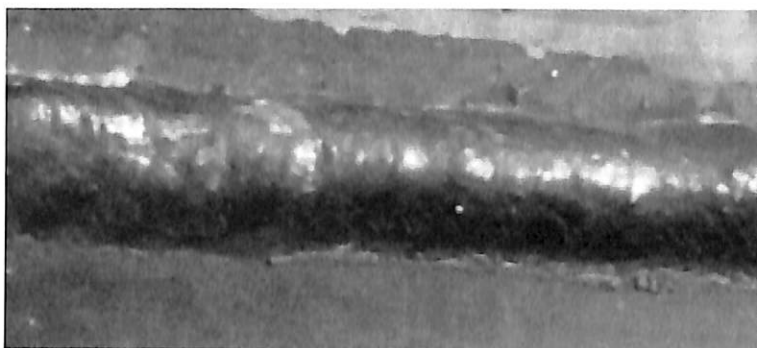
ข. รอยเชื่อมที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งวงจร Valley Fill แบบที่ 2 ที่ DC Bus

รูปที่ 4.30 รอยเชื่อมของการติดตั้งวงจร Valley Fill



ค. รอยเชื่อมที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งวงจร DC Chopper ที่ DC Bus ฝั่งด้านลบ





ข. รอยเชื่อมที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งวงจร DC Chopper ที่ DC Bus ฝั่งด้านบวก

รูปที่ 4.31 รอยเชื่อมของการติดตั้งวงจร DC Chopper

จากรูปที่ 4.31 ก. และ ข. แสดงรอยเชื่อมเมื่อทำการติดตั้ง DC Chopper ที่ DC Bus จะเห็นว่า รอยเชื่อมสวยกว่าวิธีอื่นๆ ซึ่งเกิดการติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวทำให้เกิดความคงที่ของกระแสและ แรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุต ที่เป็นผลมาจากการลดลงของกระแสฮาร์มอนิก